



**Электрификация
сельскохозяйственного
производства**



П. Н. ЛИСТОВ

профессор, доктор технических наук

631.3
А-636

Электрификация **С**ельскохозяйственного **п**роизводства

Допущено Главным Управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для агрономических и зоотехнических факультетов сельскохозяйственных вузов

145775

БИБЛИОТЕКА
Сам. СХИ
г. Самарканд



ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»

Москва—1964

к

От издательства

Настоящая книга написана по утвержденной программе и является учебным пособием для студентов агрономических и зоотехнических факультетов сельскохозяйственных вузов по курсу «Электрификация сельскохозяйственного производства».

В книге освещены современное состояние и ближайшие перспективы развития сельской электрификации в нашей стране. Даны необходимые сведения по производству и распределению электрической энергии, а также по практической электротехнике. Подробно рассмотрены приемы использования световой и лучистой энергии в сельском хозяйстве. Достаточно полно изложены способы применения электрических двигателей в животноводстве, растениеводстве, в подсобных сельскохозяйственных предприятиях, для орошения, водоснабжения и т. д.

Во всех разделах книги большое внимание уделено вопросам автоматизации работ в сельском хозяйстве.

В книге рассмотрены специальные электрические приборы, важные в производственной деятельности агрономов и зоотехников.

Отзывы о книге просьба присылать по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19, издательство «Колос».

1 Роль электрификации в техническом прогрессе сельскохозяйственного производства

1. ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ В. И. ЛЕНИНА ПО ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Вдохновителем и организатором великого дела электрификации России был Владимир Ильич Ленин. Он впервые высказал, обосновал и сформулировал основные идеи, задачи и направление развития электрификации.

Задолго до Великой Октябрьской социалистической революции В. И. Ленин в работе «Аграрный вопрос и «критики Маркса» так оценил значение электрической энергии для сельского хозяйства: «Электрическая энергия дешевле паровой силы, она отличается большей делимостью, ее гораздо легче передавать на очень большие расстояния, ход машин при этом правильнее и спокойнее, — она гораздо удобнее поэтому применяется и к молотбе, и к паханию, и к доению, и к резке корма скоту и проч.»*.

Идеи электрификации сельского хозяйства Владимир Ильич связывал с победой крупного производства. Он говорил: «Мы не будем распространяться о том, какую гигантскую победу крупного производства будет означать (отчасти означает уже) введение электротехники в земледелие, — это обстоятельство слишком очевидно, чтобы на нем настаивать»**.

По докладу В. И. Ленина Сессия ВЦИК в феврале 1920 г. приняла решение о разработке плана восстановления и реконструкции народного хозяйства на базе электрификации, плана, известного в истории как план ГОЭЛРО.

В. И. Ленин видел в электрификации необходимое условие построения коммунизма. Обращаясь к молодежи 2 октября 1920 г. на III Всероссийском съезде РКСМ, он сказал:

«Мы знаем, что коммунистического общества нельзя построить, если не возродить промышленности и земледелия, причем надо возродить их не по-старому. Надо возродить их на современной, по последнему слову науки построенной, основе. Вы знаете, что этой основой является электричество, что только, когда произойдет электрификация всей страны, всех отраслей промышленности и земледелия, когда вы эту задачу освоите, только тогда вы для себя сможете построить то коммунистическое общество, которого не сможет построить старое поколение... Вы прекрасно понимаете, что к электрификации неграмотные люди не подойдут, и мало тут одной простой грамотности. Здесь недостаточно понимать, что такое электричество: надо знать, как технически приложить его и к промышленности, и к земледелию, и к отдельным отраслям промышленности и земледелия. Надо научиться этому самим, надо научить этому все подрастающее трудящееся поколение»***.

* В. И. Ленин. Аграрный вопрос и «критики Маркса». Соч., изд. 4-е, т. 5, стр. 126.

** Там же, стр. 127.

*** В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 31, стр. 264.

Намечая план брошюры «О продовольственном налоге», В. И. Ленин так определил пути развития сельского хозяйства:

«4. Пути перехода к социалистическому земледелию, мелкий крестьянин колхозы

*электрификация**».

Живо интересуясь практическим ходом развития сельской электрификации, 14 ноября 1920 года В. И. Ленин присутствовал вместе с Надеждой Константиновной Крупской на открытии первой сельской электрической станции в деревне Кашино Волоколамского уезда Московской губернии. Об этом посещении своими впечатлениями Владимир Ильич делился с делегатами VIII Всероссийского съезда Советов. Тогда он сказал: «...если Россия покроется густою сетью электрических станций и мощных технических сооружений, то наше коммунистическое хозяйственное строительство станет образцом для грядущей социалистической Европы и Азии**».

Руководящие идеи Владимира Ильича Ленина об электрификации повседневно служат решению задач по дальнейшему развитию всех отраслей сельского хозяйства и повышению материально-бытовых условий жизни сельского населения.

С особым интересом Владимир Ильич Ленин следил за первыми опытами по вспашке земли с помощью электрических агрегатов.

22 октября 1921 г. Владимир Ильич Ленин присутствовал при испытаниях электроплуга на вспашке поля в учебно-опытном хозяйстве Московского высшего зоотехнического института (Бутырский хутор).

2. РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В СССР

До Великой Октябрьской социалистической революции русский крестьянин не знал, что такое электрическая энергия. Все успехи в области электрификации сельского хозяйства достигнуты нашим народом под руководством Коммунистической партии за годы Советской власти.

В период с 1917 по 1941 г. был взят курс на постепенное внедрение электроэнергии в сельское хозяйство по мере развития индустриализации страны и успехов в построении и укреплении совхозов и колхозов.

К началу Великой Отечественной войны в СССР была создана мощная промышленность, совхозно-колхозный строй победил окончательно и были разработаны приемы использования электроэнергии на некоторых важных сельскохозяйственных работах (молотьба, водоснабжение и т. д.). В тысячах деревень и сел загорелись лампочки Ильича.

Нарастающий в темпах и объемах процесс развития электрификации был прерван вероломным нападением на нашу Родину гитлеровской Германии, нанесшей огромный урон сельской электрификации.

В Законе о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. было дано задание: «Наряду с дальнейшей электрификацией промышленности перейти к более широкой электрификации сельского хозяйства».

В результате осуществления послевоенного пятилетнего плана уровень сельской электрификации к концу 1950 г. превысил уровень 1940 г. в 2,8 раза.

Особенно быстро электрификация сельского хозяйства стала развиваться после исторического сентябрьского Пленума ЦК КПСС (1953 г.). Из таблицы 1, в которой приведены данные по протяженности высоковольтных линий напряжением 6, 10 и 35 кВ и линий низкого напряжения, а также о количестве и мощности сельских трансформаторных подстанций напряже-

* В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 32, стр. 299.

** В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 31, стр. 486.

нием 6—10/0,4 кв, видно, что за последние 6 лет протяженность сельских электролиний почти утроилась, а мощность трансформаторных подстанций увеличилась в 4,7 раза.

ТАБЛИЦА 1

Протяженность сельских электролиний, количество и мощность сельских трансформаторных подстанций в СССР (на начало года)

Год	Протяженность сельских электролиний (тыс. км)		Рост сельских трансформаторных подстанций	
	напряжением 6, 10 и 35 кв	низкого напряжения	количество (тыс.)	общая мощность (Мвт)
1957	120,7	246,0	33,0	1351
1959	200,0	380,0	56,0	2690
1961	309,7	501,0	89,8	4180
1963	445,9	635,4	130,2	6342

К началу 1963 г. в СССР пользовались электрической энергией все райотделения «Сельхозтехники», 99% совхозов и 85% колхозов.

Характерной особенностью современного этапа развития сельской электрификации в СССР является начавшееся широкое внедрение электродвигателей в сельскохозяйственное производство (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2

Наличие электродвигателей в сельском хозяйстве (на начало года)

Год	Количество электродвигателей (тыс. шт.)	Общая мощность электродвигателей (тыс. квт)
1951	153	766
1954	328	1647
1957	623	3085
1960	908	4467
1963	1060	5900

Если в 1950 г. во всех секторах сельского хозяйства было 153 тыс. электродвигателей на общую мощность 766 тыс. квт, то к началу 1963 г. их количество возросло до 1060 тыс., а мощность — до 5900 тыс. квт.

Широкое внедрение электродвигателей свидетельствует о том, что сельская электрификация приобретает характер производственной электрификации и все большее количество работ в сельскохозяйственном производстве выполняется с помощью электродвигателей. Теперь уже нередки случаи, когда в одном колхозе или совхозе работает 100—200 и более электродвигателей.

Вместе с ростом электрификации сельского хозяйства растет и потребление электроэнергии (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Рост потребления электроэнергии в сельском хозяйстве

	Годы										
	1928	1940	1953	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Общее потребление электроэнергии в сельском хозяйстве (млн. квт·ч) . . .	35	538	2 742	4 844	5 824	6 907	7 415	9 927	11 879	14 000	17 000

Годовое потребление электроэнергии сельским хозяйством в 1963 г. достигло 17 млрд. *квт·ч*; это почти в 9 раз превышает общую выработку электроэнергии всеми электростанциями царской России за предвоенный 1913 г.

В настоящее время еще многие сельскохозяйственные предприятия получают электроэнергию по высокой цене от собственных, в основном мало-мощных и малонадежных электростанций. Часто эти станции работают с перерывами, дают низкого качества электроэнергию (непостоянство напряжения, частоты). К концу текущей семилетки 70—75% сельских потребителей будут обеспечиваться высококачественной и в то же время более дешевой электроэнергией от государственных электростанций и энергосистем.

3. БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В постановлении «Об электрификации сельского хозяйства СССР в 1961—1965 гг.», принятом в феврале 1961 г., Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР, отмечая важное государственное значение дела сельской электрификации, установили конкретные задачи по ее развитию на ближайшие годы.

Советам министров союзных республик поручено определить наиболее экономичные источники электроснабжения для каждого колхоза и совхоза. Утвержден план строительства электрических линий высокого и низкого напряжения на период 1961—1965 гг. Под сельскохозяйственное производство подводится надежная электроэнергетическая база.

Осуществляются мероприятия по внедрению электроэнергии в сельскохозяйственное производство с тем, чтобы перевести на электроэнергию в колхозах и совхозах оборудование для водоснабжения животноводческих ферм, доильные машины, агрегаты для стрижки овец, машины для приготовления кормов, очистки и сушки зерна, первичной переработки сельскохозяйственных продуктов, оборудование колхозных и совхозных мастерских, а также другие стационарные машины.

Проведение этих мероприятий в колхозах и совхозах приведет к высшей форме механизации сельскохозяйственного производства — к комплексной электрификации.

При комплексной электрификации как основные, так и вспомогательные производственные операции, входящие в технологический цикл, выполняются электрифицированными машинами, механизмами, аппаратами и другими техническими средствами.

Прогресс в технике, технологии и организации производственных процессов при комплексной электрификации сельскохозяйственного производства выражается в том, что начинают создаваться крупные индустриального типа сельскохозяйственные предприятия с полной или частичной автоматизацией, как птицефабрики по производству яичной продукции, бройлерные производства птичьего мяса, молочные и откормочные фермы для получения молока, молочных продуктов и мяса, фабрики круглогодичного и сезонного производства овощей и ягод, автоматизированные инкубаторные станции, полностью автоматизированные предприятия по хранению и переработке плодов, картофеля, овощей, корнеплодов, зерна, молока, мясокомбинаты, консервные заводы и т. д.

Получают развитие и такие электрифицированные сельскохозяйственные предприятия с широкой автоматизацией управления, как комбикормовые заводы с цехами по изготовлению витаминной сеной муки, зерноочистительные, сушильные и сортировальные пункты, автоматизированные насосные установки для водоснабжения, ирригации и мелиорации, предприятия по заготовке, переработке и подготовке органических удобрений, предприятия по производству строительных материалов и деталей, а также разного рода подсобные производства в колхозах и совхозах.

В названных предприятиях сочетается комплексная электрификация и автоматизация с передовой технологией и наиболее прогрессивным принципом организации производства — принципом поточного производства.

В комплексной электрификации все более широко применение получают приемы непосредственного воздействия электроэнергии на животных и растения главным образом для стимулирования роста и развития, уменьшения заболеваний и увеличения продуктивности.

Сокращая потребность в рабочей силе на единицу получаемой продукции, ускоряя темпы работ, увеличивая количество и повышая качество получаемой продукции, совершенствуя технологию производства и улучшая условия труда, комплексная электрификация обеспечивает переход сельского хозяйства на более высокий технический и экономический уровень.

4. ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ПРОГРАММЕ КПСС, ПРИНЯТОЙ XXII СЪЕЗДОМ КПСС

При построении нового общества партия руководствуется гениальной формулой В. И. Ленина: «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

Главная экономическая задача состоит в том, чтобы в течение двух десятилетий (1961—1980) создать материально-техническую базу коммунизма. Для этого должна быть осуществлена полная электрификация страны как основа совершенствования техники, технологии и организации общественного производства во всех отраслях народного хозяйства.

Во втором десятилетии электрификация всей страны будет в основном завершена. Годовое производство электроэнергии в СССР к 1980 г. достигнет 2700—3000 млрд. *квт.ч.* По американским перспективным расчетам, производство электроэнергии в США к 1980 г. определяется лишь в 2296 млрд. *квт.ч.*

Производство электроэнергии в СССР в 1980 г. в количестве 2700—3000 млрд. *квт.ч.* превзойдет современное потребление электроэнергии во всех странах мира, вместе взятых. Так, за 1962 г. общее потребление электрической энергии в Европе (без СССР), СССР, США и во всех странах мира выразилось следующими цифрами* (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4

Общее потребление электроэнергии по странам мира за 1962 г.

Страна	Израсходовано электрической энергии (млрд. <i>квт.ч.</i>)	В процентах мирового потребления	Приходилось на душу населения (<i>квт.г/чел.</i>)
Страны Европы (без СССР)	771	31,0	1670
СССР	347	12,8	1592
США	944	34,8	5136
Все страны мира	2710	100,0	883

Необходимо отметить, что в 1946 г. расход электроэнергии в США составлял 41,4% мирового потребления электроэнергии, а в 1962 г. удельный вес США снизился до 34,8%; в то же время удельный вес СССР в балансе мирового электропотребления в 1946 г. составлял всего 6,9%, а в 1962 г. он возрос до 12,8%.

К 1980 г. среднее потребление электроэнергии на душу населения в мире возрастет до 2000 *квт.ч.*, в СССР же оно составит 9—10 тыс. *квт.ч.*

* Общее потребление электроэнергии от общего производства отличается на величину потребляемой электроэнергии электростанциями на собственные нужды и на величину потерь энергии в передающих устройствах.

Принятый план электрификации СССР предусматривает утроение электрооруженности* труда в промышленности и осуществление массовой электрификации сельского хозяйства и быта сельского населения.

Коммунистическое общество не может быть построено без процветающего, всесторонне развитого и высокопродуктивного сельского хозяйства. Путь к созданию такого хозяйства лежит через интенсификацию, полную комплексную электромеханизацию, химизацию, высокую культуру земледелия и животноводства при всемерной экономии затрат труда, материалов и средств.

Государственное, народнохозяйственное значение проблемы электрификации сельскохозяйственного производства определяется тем, что увеличение производства продукции сельского хозяйства за предстоящие 10 лет в 2,5 раза, а за 20 лет в 3,5 раза с одновременным повышением производительности труда в течение десяти лет в 2,5 раза, а за 20 лет в 5—6 раз возможно лишь на основе глубокого внедрения электрической энергии в самых разнообразных ее формах в технику и технологию, организацию и управление сельскохозяйственным производством.

В принятой Программе Коммунистической партии Советского Союза сказано: «Партия считает одной из важнейших задач быструю электрификацию сельского хозяйства»**. Для этого необходимо создание системы новых средств комплексной электромеханизации работ в животноводстве, птицеводстве, полеводстве, овощеводстве, садоводстве и других отраслях сельскохозяйственного производства. В разработке агрозоотехнических требований при создании таких средств основная роль принадлежит агрономам, зоотехникам и другим специалистам сельского хозяйства.

* Электрооруженность труда в промышленности определяется расходом электроэнергии в год на одного рабочего.

** Программа Коммунистической партии Советского Союза. Госполитиздат, 1961, стр. 79.

2 Основные сведения о производстве и распределении электроэнергии в сельском хозяйстве

сложность

Простейшая электрическая установка состоит из источника электроэнергии, соединительных проводов и приемника (потребителя) электроэнергии (рис. 1).

В источнике электроэнергии тепловая, механическая, химическая, атомная или другая энергия преобразуется в электрическую (точнее электромагнитную) энергию, а в приемнике, в зависимости от его устройства, электрическая энергия может быть преобразована в световую (в электролампах),

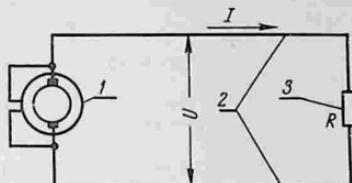


Рис. 1. Схема простейшей электрической установки:

1 — источник электроэнергии; 2 — соединительные провода; 3 — приемник (потребитель) электроэнергии.

лучистую (в установках по облучению животных), механическую (в электродвигателях), тепловую (в электронагревателях), звуковую (в радиоприемниках), химическую (в аккумуляторах) и т. д.

1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

Для количественного сравнения различных физических величин существуют системы единиц измерения.

По ГОСТ 9867—61 в СССР введена Международная система единиц как система, предпочтительная во всех областях науки, техники и народного хозяйства, а также при преподавании.

Международная система, обозначенная символом SI , а в русском написании СИ, включает в себя системы единиц для измерения механических единиц (ГОСТ 7664—61), тепловых единиц (ГОСТ 8550—61), акустических единиц (ГОСТ 8849—58), световых единиц (ГОСТ 7932—56), а также систем единиц рентгеновского, гамма-излучений и радиоактивности (ГОСТ 8848—58).

Данные по указанным системам единиц измерений приведены в приложении 26.

Составной частью системы СИ является также система МКСА (ГОСТ 8033—56), предназначенная для измерений электрических и магнитных величин. Единицы измерений этих величин приведены в таблице 5.

Электрические и магнитные единицы

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенные обозначения единицы	Размер единицы
Работа и энергия	джоуль	<i>дж</i>	(1 н) · (1 м)
Активная мощность	ватт	<i>вт</i>	(1 дж) : (1 сек)
Полная мощность	вольт-ампер	<i>ва</i>	(1 в) · (1 а)
Реактивная мощность	вольт-ампер реактивный (<i>вар</i>)	<i>вар</i>	(1 в) · (1 а)
Количество электричества, электрический заряд	кулон, или ампер-секунда	<i>к</i> <i>а · сек</i>	(1 а) · (1 сек)
Плотность тока	ампер на квадратный метр	<i>а/м²</i>	(1 а) : (1 м ²)
Поток электрического смещения (поток электрической индукции)	кулон	<i>к</i>	(1 а) · (1 сек)
Электрическое смещение (электрическая индукция)	кулон на квадратный метр	<i>к/м²</i>	(1 к) : (1 м ²)
Линейная плотность электрического заряда	кулон на метр	<i>к/м</i>	(1 к) : (1 м)
Разность электрических потенциалов, электрическое напряжение, электродвижущая сила	вольт	<i>в</i>	(1 вт) : (1 а)
Напряженность электрического поля	вольт на метр	<i>в/м</i>	(1 в) : (1 м)
Электрическое сопротивление	ом	<i>ом</i>	(1 в) : (1 а)
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	<i>ом · м</i>	(1 ом) · (1 м)
Электрическая проводимость	сименс	<i>сим</i>	(1 а) : (1 в)
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	<i>сим/м</i>	(1 сим) : (1 м)
Электрическая емкость	фарада	<i>ф</i>	(1 к) : (1 в)
Объемная плотность электрического заряда	кулон на кубический метр	<i>к/м³</i>	(1 к) : (1 м ³)
Электрический момент диполя	кулон-метр	<i>к · м</i>	(1 к) · (1 м)
Электрическая постоянная	фарада на метр	<i>ф/м</i>	(1 ф) : (1 м)
Поток магнитной индукции	вебер	<i>вб</i>	(1 к) · (1 ом)
Магнитная индукция	тесла, или вебер на квадратный метр	<i>тл</i> , <i>вб/м²</i>	(1 вб) : (1 м ²)
Индуктивность и взаимная индуктивность	генри	<i>гн</i>	(1 вб) : (1 а)
Магнитодвижущая сила и разность магнитных потенциалов	ампер, или ампер-виток	<i>а</i> <i>ав</i>	(1 а)
Напряженность магнитного поля	ампер на метр, или ампер-виток на метр	<i>а/м</i> <i>ав/м</i>	(1 а) : (1 м)
Магнитное сопротивление	ампер на вебер, или ампер-виток на вебер	<i>а/вб</i> <i>ав/вб</i>	(1 а) : (1 вб)
Магнитная постоянная	генри на метр	<i>гн/м</i>	(1 гн) : (1 м)

2. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Всякая электроустановка может быть представлена графически в виде электрической схемы, состоящей из отдельных элементов. Для изображения элементов применяют установленные ГОСТ условные обозначения. В таблице 6 приведены наиболее часто встречающиеся из них.

Условные графические обозначения в электрических схемах
(ГОСТ 7624—62)

Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
Род тока и напряжения ✓			
Ток постоянный. Напряжение постоянное	—	Фазы сети трехфазного тока:	A, B, C, O
Ток переменный. Напряжение переменное	~	а) напряжения не ниже 1000 в	a, b, c, o
Ток постоянный и переменный	— ~	б) напряжения ниже 1000 в	
Ток переменный трехфазный, 50 гц, 220 в	3 ~ 50гц 220в	Ток переменный трехфазный, четырехпроводная система (с нулевым проводом), 50 гц, 380 в (220 в между фазой и нулевым проводом)	3N ~ 50гц, 380в
Провод нулевой	N		
Знаки для обозначения видов соединения обмоток ✓			
Обмотка однофазная с двумя выводами		Веденной нейтральной точкой	
Три обмотки однофазные, каждая с двумя выводами		Обмотка трехфазная, соединенная в треугольник	△
Обмотка трехфазная, соединенная в звезду, с вы-	Y	Обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг	⋈
Прочие обозначения			
Заземление		Знак, характеризующий регулирование:	
Соединение провода с землей		а) общее обозначение	
Экран, соединенный:		б) плавное	
а) с корпусом		в) ступенчатое	
б) с землей		г) автоматическое	
Соединение электрическое металлическое, разъемное и неразъемное	•	Магнит постоянный	N S
Если необходимо подчеркнуть, что электрическое соединение является разъемным, должно быть использовано следующее обозначение	∅	Вентиль	
Элемент нагревательный		Сопротивления:	
		а) активное	
		б) реактивное	
		в) полное	
		г) индуктивное	
		д) емкостное	

Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
--------------	-------------	--------------	-------------

Привод

а) общее обозначение



б) ручной



в) механический



г) электродвигателем



д) пневматический или гидравлический



е) электромагнитный



Провода, кабели и их соединения

Провод, кабель, шина электрической цепи



Цепь электрическая четырехпроводная



Провода пересекающиеся, электрически соединенные



Провода пересекающиеся, электрически не соединенные



Ответвление одного провода, кабеля, шины



Муфта кабельная:

а) концевая

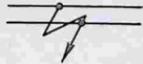


б) соединительная



Повреждение изоляции:

а) между проводами



б) на корпус



в) на землю



Машины вращающиеся электрические

Машина вращающаяся. Общее обозначение для однолинейных схем

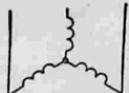


Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором



Способы соединения трехфазной обмотки статора:

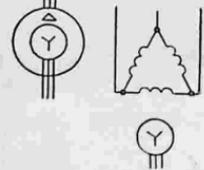
а) в звезду



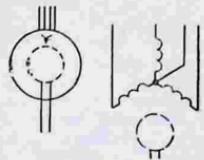
б) в треугольник



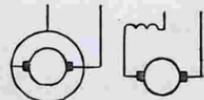
Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором, обмотки которого соединены в звезду, а обмотка статора в треугольник



Синхронная машина



Машина постоянного тока последовательного возбуждения



Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
Машина постоянного тока с параллельным возбуждением			

Источники тока электрохимические и термические

Элемент гальванический или аккумуляторный		Термоэлемент (термопара)	
Батарея из гальванических или аккумуляторных элементов. Напряжение 48 в		Батарея из термоэлементов (напряжение 80 в)	

Приборы электроизмерительные

Обмотка напряжения измерительного прибора		Частотомер	
Обмотка токовая измерительного прибора		Фазометр	
Амперметр		Счетчик ампер-часов	
Вольтметр		Счетчик ватт-часов	
Вольт-амперметр (измеритель полной мощности)		Счетчик вольт-ампер-часов реактивный	
Ваттметр		Гальванометр	
Омметр			

Разрядники и предохранители

Разрядник трубчатый		Разрядник вентильный	
---------------------	--	----------------------	--

Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
Предохранитель пробивной		Выключатель-предохранитель	
Предохранитель плавкий			
Контакты			
Контакт выключателя и предохранителя: а) замыкающий		в) переключающий	
б) размыкающий		Контакт контактора, пускателя, силового контроллера:	
в) переключающий		а) замыкающий	
Контакт реле: а) замыкающий		б) размыкающий	
б) размыкающий		в) переключающий	
Выключатель и переключатель однополюсные		Штепсельное соединение в разъёмных устройствах	
Выключатель трехполюсный			
Кнопки			
Кнопка с самовозвратом с замыкающим контактом		Кнопка с самовозвратом с одним замыкающим и одним размыкающим контактами	
Кнопка с самовозвратом с размыкающим контактом			
Реле, контакторы и магнитные пускатели			
Обмотка реле, контактора и магнитного пускателя		Реле промежуточное	
Реле. Общее обозначение		Реле с замыкающим контактом и выводами обмоток	
Реле тока			

Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
Сопротивления			
Сопротивление нерегулируемое		б) с разрывом цепи	
Сопротивление регулируемое (реостат): а) общее обозначение		в) без разрыва цепи	

Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы ✓

Обмотка трансформатора, автотрансформатора и магнитного усилителя

Трансформатор однофазный с ферромагнитным сердечником в однолинейном и многолинейном обозначении

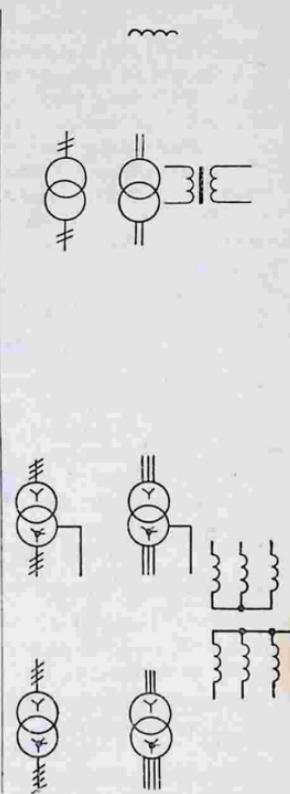
Трансформатор трехфазный с ферромагнитным сердечником в однолинейном и многолинейном обозначении:

а) соединение обмоток: звезда—звезда с выведенной нейтральной (средней) точкой

б) соединение обмоток: звезда—зигзаг с выведенной нейтральной (средней) точкой

Диод:
а) прямого накала

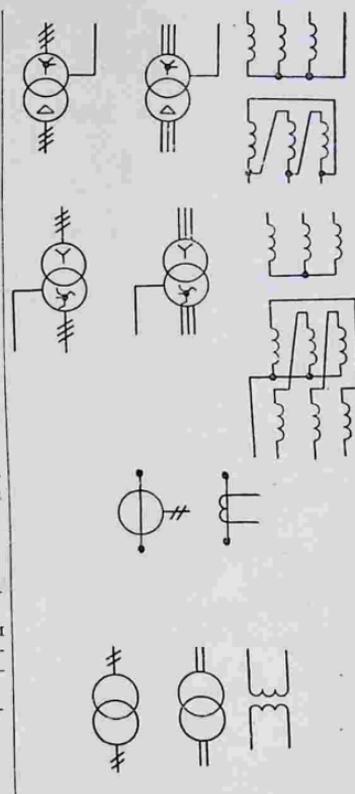
б) косвенного накала



б) соединение обмоток: звезда с выведенной нейтральной средней точкой—треугольник

в) соединение обмоток: звезда—зигзаг с выведенной нейтральной (средней) точкой

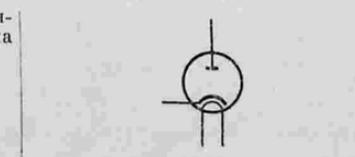
Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой в однолинейном и многолинейном обозначении
Трансформатор напряжения измерительный



Лампы электронные

а) прямого накала

б) косвенного накала



Наименование	Обозначения	Наименование	Обозначения
Триод			
Приборы пониже			
Газотрон: а) с одним анодом		Пускатель для люминесцентных ламп	
б) с двумя анодами			
Фотоэлементы			
Фотоэлемент электронный		Фотоэлемент ионный	
Приборы осветительные			
Лампа осветительная. Общее обозначение		Лампа накаливания сигнальная	
Лампа газоразрядная осветительная. Общее обозначение		Фара. Проектор	

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ПРОВОДНИКИ, ИЗОЛЯТОРЫ, ПОЛУПРОВОДНИКИ. СОПРОТИВЛЕНИЕ

Под воздействием электродвижущей силы источника энергии создается **правильное** движение свободных * электронов в проводнике. Такое движение электронов называется электрическим током.

Движение электронов непосредственно наблюдать нельзя, поэтому о наличии электрического тока судят по его внешним проявлениям, а именно: а) вокруг проводника с током создается магнитное поле, которое можно обнаружить по отклонению магнитной стрелки; б) проводник, по которому про-

* В металлах электроны, расположенные на внешних орбитах атомов, слабо связаны с ядрами. Их принято называть свободными электронами.

ходит ток, нагревается; в) при прохождении постоянного тока через электролиты, то есть растворы кислот, щелочей и солей, происходит их химическое разложение, так называемый электролиз.

За единицу электрического тока, как указывалось выше, принят ампер. При силе тока в один ампер через поперечное сечение проводника за одну секунду t проходит электрический заряд, равный одному кулону Q , то есть $I = \frac{Q}{t}$ а, а электрический заряд одного электрона q составляет $1,6 \cdot 10^{-19}$ кул.

Для представления о величине единицы тока приведем такие примеры: ток 0,05 а опасен для жизни человека; электрическая лампочка в 60 вт при напряжении 120 в потребляет ток в 0,5 а; электрическая плитка мощностью 400 вт при напряжении 220 в потребляет ток, равный 1,8 а; при электросварке требуются токи от 80 до 300 а, в зависимости от толщины свариваемых деталей.

При прохождении по проводнику электроны испытывают некоторое сопротивление, пропорциональное длине проводника и обратно пропорциональное его сечению. Сопротивление зависит и от материала проводника, из которого он сделан. В зависимости от величины сопротивления или обратной сопротивлению величины — электропроводности можно все материалы условно разделить на три группы.

Материалы, имеющие относительно малое электрическое сопротивление и высокую электропроводность, носят название п р о в о д н и к о в. К ним относятся все металлы, уголь, а также кислоты, щелочи и соли в растворах.

Материалы, имеющие большое электрическое сопротивление и, следовательно, плохо проводящие электрический ток, называются и з о л я т о р а м и (или диэлектриками). К этой группе относятся мрамор, фарфор, слюда, бумага, смолы, газы и др.

Вещества, занимающие по электропроводности промежуточное положение между проводниками и изоляторами, называются п о л у п р о в о д н и к а м и. К ним относятся селен, германий, закись меди, кремний и др. У полупроводников резко меняется электропроводность (или сопротивление) при изменении температуры, под воздействием светового потока, от силы и направления электрического поля, от наличия примесей и т. д.

Полупроводники широко используются в электронике, в измерительной технике, в аппаратах и устройствах автоматизации, в радио- и телевизионной аппаратуре и начинают применяться в бытовых приборах.

При сравнении разных материалов по электрическому сопротивлению пользуются удельным сопротивлением, под которым понимают сопротивление проводника длиной 1 м и сечением 1 мм². Тогда эта величина, обозначаемая греческой буквой ρ , имеет размерность $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Если же длина и сечение проводника взяты соответственно в метрах и квадратных метрах, то размерность удельного сопротивления выразится в ом·м, как указано в таблице 5.

В приложениях 1 и 2 приведены основные сведения по проводниковым и изоляционным материалам.

С повышением температуры электрическое сопротивление металлов увеличивается. Уголь, наоборот, уменьшает свое сопротивление при увеличении температуры. Некоторые сплавы (константан, манганин) почти не изменяют своего сопротивления при изменениях температуры.

4. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА. НАПРЯЖЕНИЕ

Для возникновения и поддержания тока в проводнике необходима электродвижущая сила (сокращенно э. д. с.), которая создается источниками электрического тока — генератором, аккумулятором, гальваническим элементом.

Некоторая часть э. д. с. тратится на преодоление сопротивления внутри источника тока и называется **внутренним падением напряжения**. Остальная часть э. д. с., расходуемая на преодоление сопротивлений электрическому току во внешней цепи, называется **внешним падением напряжения** или напряжением на зажимах генератора (аккумулятора).

За единицу измерения э. д. с. и напряжения принят вольт. При электродвижущей силе в один вольт по проводнику с сопротивлением в один ом проходит ток в один ампер.

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

В 1831 г. был открыт закон электромагнитной индукции, который лежит в основе устройства генераторов электрической энергии и других электрических машин и аппаратов.

Существо закона кратко можно выразить так: *во всяком проводнике, если он пересекается магнитными силовыми линиями или пересекает их, индуцируется электродвижущая сила — э. д. с.*

Для пересечения перемещают или проводник относительно магнитного поля, или магнитное поле относительно проводника. На перемещение затрачивается механическая энергия, но, затрачивая механическую энергию, мы по закону электромагнитной индукции получаем электрическую энергию.

Величина э. д. с., индуцированная в проводнике, зависит от числа силовых линий, пересекаемых проводником в каждую секунду, или, что равнозначно, скорости пересечения.

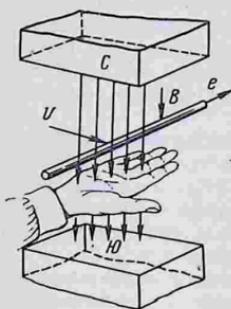
Сказанное можно выразить следующей формулой:

$$e = \frac{\Phi}{t} e,$$

где e — электродвижущая сила, индуцированная в проводнике;

Φ — поток магнитной индукции ($\phi\phi$).

Рис. 2. Определение направления индуцированной э. д. с. по правилу правой руки.



Для определения направления индуцированной э. д. с. применяют правило правой руки: *если представить себе, что в ладонь правой руки будут входить силовые линии, а большой палец отогнуть в сторону движения проводника, то вытянутые пальцы укажут направление индуцированной э. д. с.* (рис. 2).

6. ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ТИПЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Переменным называется ток, периодически меняющий свою величину и направление. На рисунке 3, б представлен график синусоидального изменения переменного тока.

Полный цикл изменений тока называется **периодом**, он измеряется в секундах и обозначается буквой T .

Число периодов тока в секунду называется **частотой** (обозначается буквой f). За единицу частоты принят герц ($гц$). Герц — это частота, равная одному периоду в секунду. В СССР принята промышленная частота в 50 $гц$.

В практике электрификации колхозов и совхозов в большинстве случаев применяется трехфазный переменный ток.

На рисунке 4 показана схема простейшего генератора трехфазного переменного тока (а), график его э. д. с. (б) и векторная диаграмма (в).

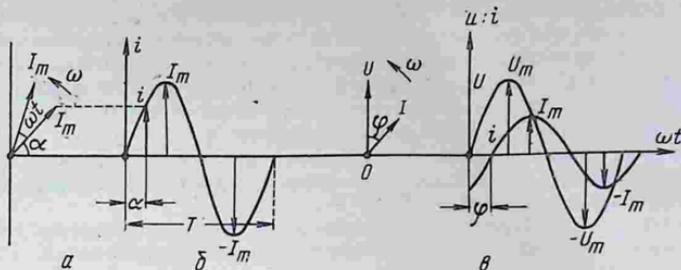


Рис. 3. График изменения переменного тока:
 а — векторная диаграмма токов; б — синусоида тока; в — сдвиг по фазе напряжения и тока.

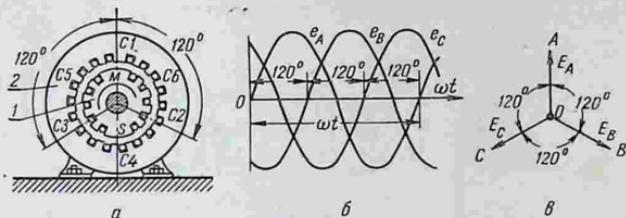


Рис. 4. Схема трехфазного генератора (а), график его э. д. с. (б) и векторная диаграмма э. д. с. (в)

В генераторах трехфазного переменного тока магнитная система (полюса и обмотки возбуждения), как правило, помещается на роторе 1 машины (вращающаяся часть), а проводники, в которых индуктируется э. д. с., — на статоре 2 (неподвижная часть).

Для получения магнитного поля в обмотки возбуждения подается постоянный ток от небольшого генератора постоянного тока, называемого возбудителем и находящегося на одном валу с ротором генератора, или от выпрямительного устройства.

Если ротор вращать с помощью постороннего двигателя, то магнитный поток, создаваемый обмоткой и полюсами ротора, будет пересекать проводники, заложенные в пазах статора.

В каждой из трех обмоток статора, сдвинутых одна относительно другой на $\frac{2}{3} \pi \text{ рад}$ (120°), при вращении ротора индуктируется э. д. с. Каждая из обмоток может явиться самостоятельным источником энергии и питать какой-нибудь приемник. При этом получается так называемая несвязанная трехфазная система.

Обмотки статора называются фазами генератора. У каждой фазы генератора раз-

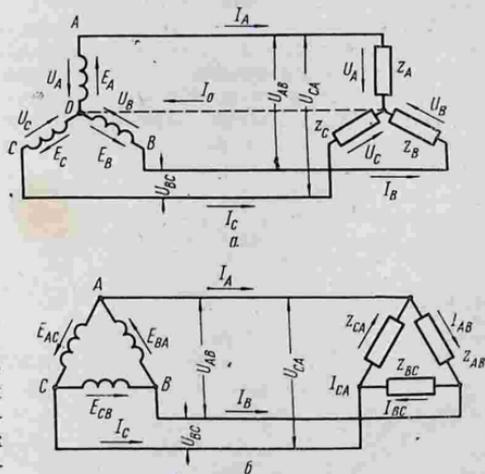


Рис. 5. Схемы соединения трехфазного генератора и потребителя:

а — звезда — звезда с нулевым проводом — четырехпроводная система трехфазного тока, б — треугольник — треугольник.

личают конец и начало. Если все три конца или все три начала обмоток соединить в одну точку, получится соединение, которое называется *звездой* (рис. 5, *а*) и обозначается знаком Υ . Если же соединить конец первой фазы с началом второй, конец второй с началом третьей и конец третьей с началом первой, то получится соединение, которое носит название *треугольник* (рис. 5, *б*) и обозначается знаком Δ .

При соединении звездой от генератора выходят три фазных провода (рис. 5, *а*). Между каждой парой этих проводов одинаковое напряжение, называемое *линейным* — U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} .

Кроме того, от генератора, соединенного звездой, выводится еще четвертый провод из точки *О*, где соединены все концы (или все начала) обмоток генератора. Этот провод называется *нулевым* (на рисунке 5, *а* нулевой провод показан пунктиром).

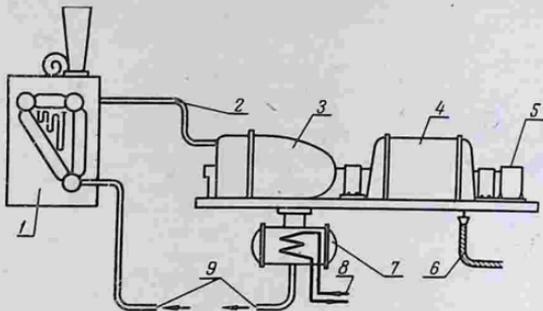


Рис. 6. Схема паротурбинной электростанции:
1 — котел; 2 — паропровод; 3 — паровая турбина; 4 — генератор электрической энергии; 5 — возбудитель; 6 — кабель; 7 — конденсатор; 8 — охлаждающая вода; 9 — конденсат.

Между нулевым проводом и любым из фазных напряжение в 1,73 раза меньше, чем между двумя фазными; называется оно *фазным* напряжением и обозначается U_A, U_B, U_C .

Соединение обмоток генератора в звезду с выведенным нулевым проводом дает четырехпроводную систему трехфазного тока. Эта система применяется в сельском хозяйстве как основная.

Два названных способа соединения обмоток трехфазных генераторов в звезду и треугольник применяются также при соединении трехфазных трансформаторов, трехфазных двигателей и других трехфазных потребителей тока.

Если генератор и потребитель соединены по схеме звезда — звезда, то линейные токи I_A, I_B, I_C являются и фазными токами генератора и потребителя. Величины этих токов определяются из выражений:

$$I_A = \frac{U_A}{z_A}; I_B = \frac{U_B}{z_B}; I_C = \frac{U_C}{z_C},$$

где U_A, U_B, U_C — фазные напряжения;
 z_A, z_B, z_C — сопротивления фаз потребителя.

Ток в нулевом проводе I_0 равен геометрической сумме линейных токов, то есть

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C.$$

Если генератор и потребитель соединены по схеме треугольник — треугольник (рис. 5, *б*), то линейные междуфазные напряжения U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} одновременно являются и фазными. Фазные токи у потребителя определяются из выражений:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{z_{AB}}; I_{BC} = \frac{U_{BC}}{z_{BC}}; I_{CA} = \frac{U_{CA}}{z_{CA}},$$

где z_{AB}, z_{BC}, z_{CA} — сопротивления фаз потребителя.

Линейные токи равны геометрической разности фазных токов, то есть

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}.$$

Линейные токи в $\sqrt{3}$ раз больше фазных:

$$I_{\text{Л}} = \sqrt{3} I_{\text{Ф}}.$$

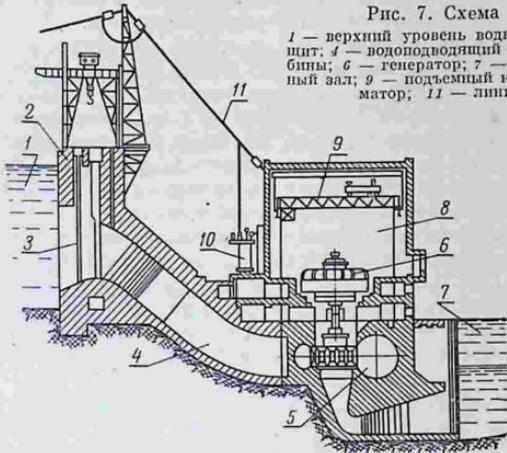


Рис. 7. Схема гидроэлектростанции:

1 — верхний уровень воды; 2 — плотина; 3 — водозапорный щит; 4 — водопроводящий канал; 5 — спиральная камера турбины; 6 — генератор; 7 — нижний уровень воды; 8 — машинный зал; 9 — подземный кран; 10 — повышающий трансформатор; 11 — линия высокого напряжения.

Генераторы устанавливаются на электростанциях, вырабатывающих электрическую энергию. Электростанции бывают трех типов — тепловые, гидравлические и атомные. На тепловых электростанциях электроэнергия получается за счет сжигаемого топлива твердого, жидкого или газообразного. Из тепловых станций наибольшее значение имеют паротурбинные (рис. 6), а также дизельные. На паротурбинных электростанциях топливо, сжигаемое в топках, нагревает и превращает в пар воду, находящуюся в котлах. Энергия пара вращает ротор турбины, а вместе с ним и ротор электрического генератора, сидящий с ним на одном валу. Таким образом, механическая энергия турбины превращается в электрическую энергию в генераторе. На гидравлических станциях (ГЭС) (рис. 7) энергия потока воды вращает ротор гидротурбины и вместе с ним ротор генератора.

На атомной электростанции (рис. 8) используется ценная реакция распада атомного горючего, например урана. При этом выделяющееся тепло нагревает воду первого контура до 270°C при давлении 100 атм . Тепло от первого контура через теплообменник используется во втором контуре для получения пара при давлении

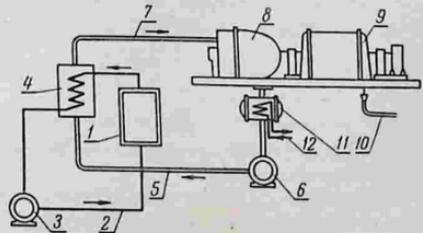


Рис. 8. Схема атомной электростанции:

1 — урановый котел; 2 — первый водяной контур; 3 и 6 — насосы; 4 — теплообменник; 5 — второй водяной контур; 7 — паропровод; 8 — турбина; 9 — генератор; 10 — кабель; 11 — конденсатор; 12 — охлаждающая вода.

12,5 атм. Этот пар подается на ротор турбины, от которого, как и на тепловой станции, приводится во вращение ротор электрического генератора.

Большая часть электрической энергии в СССР вырабатывается на государственных районных электростанциях (ГРЭС) и передается к потребителям по высоковольтным линиям электропередачи.

Кроме силового энергетического оборудования (котлов, турбин), составляющего силовую часть станции, в электрическую часть электростанции входят генераторы трехфазного тока, повышающие трансформаторы и электродвигатели, обслуживающие собственные нужды станции. Все аппараты управления выключателями генераторов, трансформаторов и линиями электропередачи монтируют в специальных ячейках распределительного устройства станции, а контрольно-измерительная аппаратура защиты и сигнализации обычно сосредоточивается на щите (пульте) управления.

При передаче энергии от электростанций на значительные расстояния для экономии металла на проводах и снижения потерь энергии выгодно использовать высокое напряжение. Поэтому на электростанциях сооружаются повысительные подстанции, на которых напряжение энергии, полученной от генератора, повышают трансформаторами до 10, 35 и 110 киловольт. В местах потребления электроэнергии устраивают понизительные подстанции, на которых высокое напряжение снижают трансформаторами до низкого, чтобы электроэнергия могла быть использована потребителями.

Синусоидальные токи и напряжения принято изображать в виде векторных диаграмм, получаемых вращением векторов против часовой стрелки с угловой скоростью $\omega = 2\pi f = 314 \text{ сек}^{-1}$.

На рисунке 3, а представлена векторная диаграмма токов. Длина вектора равна амплитудному значению тока. Если спроектировать этот вектор на вертикальную ось диаграммы, можно получить мгновенное значение тока для любого момента времени.

Для переменного тока наиболее часто применяемой характеристикой является действующее значение тока. Действующее значение переменного тока по эффекту равняется такому постоянному току, который за период выделяет в каком-либо сопротивлении такое же количество тепла, что и данный переменный ток. Действующее значение тока меньше максимального в $\sqrt{2}$ раз, то есть

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m.$$

Аналогично действующее значение напряжения:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m.$$

Амперметры и вольтметры переменного тока показывают действующие значения тока и напряжения.

Напряжение и ток могут одновременно достигать максимальных и нулевых значений. Это означает, что они сдвинуты по фазе (рис. 3, а).

$$u = U_m \sin \omega t; \quad i = I_m \sin (\omega t - \varphi),$$

где φ — угол сдвига фаз.

Величина угла сдвига фаз определяется соотношением элементов цепи, то есть соотношением величин активного сопротивления r , индуктивности L и емкости C .

В цепях, включающих только активные сопротивления r (лампы накаливания, электронагревательные приборы и т. п.), сдвиг фаз между током и напряжением равен нулю.

В цепях с преобладанием индуктивности ток отстает от напряжения ($\varphi > 0$), а с преобладанием емкости он опережает напряжение ($\varphi < 0$).

В цепях переменного тока различают мгновенную, активную, реактивную и полную мощности.

Мгновенная, то есть в данный момент времени, мощность p равна произведению мгновенных значений тока и напряжения:

$$p = ui = U_m I_m \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi - \frac{U_m I_m}{2} \cos (2\omega t - \varphi).$$

Активная мощность P равна произведению действующих значений тока и напряжения, умноженному на $\cos \varphi$, то есть на косинус угла сдвига фаз между ними:

$$P = UI \cos \varphi \text{ вт.}$$

Реактивная мощность Q равна произведению действующих значений тока и напряжения и на синус угла сдвига фаз между ними, то есть

$$Q = UI \sin \varphi \text{ вара.}$$

Обычно реактивная мощность измеряется в киловольт-амперах реактивных (квар):

$$Q = UI \sin \varphi 10^{-3} \text{ квар.}$$

Полная мощность S равна произведению действующих значений напряжения и тока, то есть

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ вав}$$

или

$$S = UI 10^{-3} \text{ ква.}$$

Отношением активной мощности P к полной S определяется $\cos \varphi$ — коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}.$$

При низком $\cos \varphi$ не полно используется оборудование электрической установки и снижается ее к. п. д.

Цепи переменного тока могут состоять из источников тока и различных комбинаций активного r (на рисунке R), индуктивного x_L и емкостного x_C сопротивлений.

Ток в активном сопротивлении и совпадает по фазе с напряжением (рис. 9, а) и равен $I = \frac{U}{r}$ а.

Активная мощность такой цепи равна полной $P = UI = I^2 r$, при этом реактивная мощность равна нулю и $\cos \varphi = 1$.

Переменный ток в индуктивности (рис. 9, б) отстает от напряжения на четверть периода, то есть на 90° , и равен $I = \frac{U}{x_L}$,

где x_L — индуктивное сопротивление, равное произведению индуктивности (коэффициента самоиндукции) на угловую частоту тока $\omega = 2\pi f$, то есть $x_L = \omega L = 2\pi f L$.

Активная мощность такой цепи равна нулю, а реактивная мощность равна полной мощности:

$$Q = UI = I^2 x_L; \cos \varphi = 0.$$

Переменный ток в емкости (рис. 9, в) опережает напряжение U на четверть периода, или на 90° , и равен отношению напряжения к емкостному сопротивлению x_C , то есть $I = \frac{U}{x_C}$.

Емкостное сопротивление x_C равно $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$.

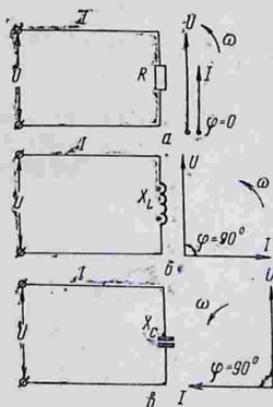


Рис. 9. Переменный ток: а — в активном сопротивлении; б — в индуктивном; в — в емкостном.

Активное сопротивление такой цепи равно нулю.

Реактивная мощность равна полной, то есть

$$Q = UI = I^2 x_C; \cos \varphi = 0.$$

При последовательном соединении r, x_L, x_C , когда конец каждого предыдущего сопротивления соединен с началом последующего (рис. 10, а), ток равен $I = \frac{U}{z}$, где z — полное сопротивление цепи, равное $z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}$.

Если $x_L > x_C$, ток отстает от напряжения на угол φ , при этом $\cos \varphi = \frac{r}{z}$.

При $x_L < x_C$ ток опережает напряжение.

При $x_L = x_C$ наступает явление резонанса напряжения, при котором могут быть большие напряжения на катушке и конденсаторе:

$$U_L = U_C = \frac{U}{r} x_L = \frac{U}{r} x_C; z = r; \cos \varphi = 1.$$

Активная мощность равна:

$$P = UI \cos \varphi = I^2 r.$$

Реактивная мощность цепи:

$$Q = UI \sin \varphi = I^2 (x_L - x_C).$$

Полная мощность цепи:

$$S = UI = I^2 z.$$

При параллельном соединении r, x_L, x_C , когда соединены отдельно начала и концы всех сопротивлений (рис. 10, б), ток цепи равен произведению напряжения U на полную проводимость цепи y :

$$I = Uy.$$

При этом $y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$,

где $g = \frac{1}{r}$ — активная проводимость;

$b_L = \frac{1}{x_L}$ — индуктивная проводимость;

$b_C = \frac{1}{x_C}$ — емкостная проводимость.

Если $b_L > b_C$, ток отстает от напряжения на угол φ , при этом $\cos \varphi = \frac{g}{y}$.

Если $b_L < b_C$, ток опережает напряжение.

При $b_L = b_C$ наступает явление резонанса токов, при котором ток в индуктивности и в емкости может быть много больше общего тока цепи.

Активная мощность такой цепи: $P = UI \cos \varphi = U^2 g$.

Реактивная мощность: $Q = UI \sin \varphi = U^2 (b_L - b_C)$.

Полная мощность цепи: $S = UI = U^2 y$. Ток цепи I равен геометрической сумме токов: активного I_a , индуктивного I_L и емкостного I_C , то есть

$$\dot{i} = \dot{i}_a + \dot{i}_L + \dot{i}_C.$$

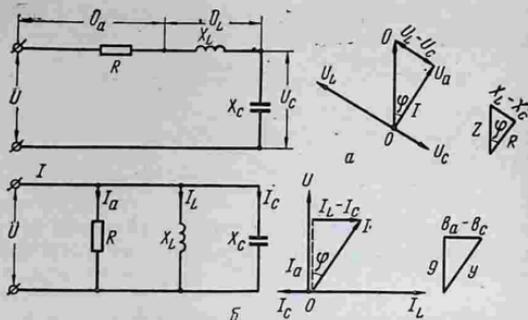


Рис. 10. Соединение сопротивлений R, x_L, x_C : а — последовательное; б — параллельное.

7. ТРАНСФОРМАТОРЫ И ТИПЫ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

В электрифицированных совхозах и колхозах источником электроснабжения часто являются трансформаторные подстанции, в которых с помощью трансформаторов высокое напряжение 6, 10, 20 или 35 *кв* переменного тока снижается до напряжения 0,4—0,23 *кв*. Такие подстанции называются **потребительскими**, так как их низкое напряжение соответствует напряжению потребителей электроэнергии.

Мощность сельских потребительских трехфазных подстанций напряжением 10/0,4—0,23 *кв* обычно составляет 10, 20, 30, 50, 75, 100, 135, 180, 240, 320 и 560 *кв*.

Потребительские подстанции состоят из трансформаторов, высоковольтной и низковольтной частей.

В высоковольтную часть входят разъединители, предохранители и разрядники. Разъединитель предназначен для подключения подстанции к высоковольтной распределительной сети, предохранители — для защиты трансформатора от коротких замыканий, а разрядники — для защиты установки от перенапряжений при разрядах молнии.

Низковольтная часть состоит из отходящих линий низкого напряжения, рубильников, предохранителей и счетчика активной энергии.

Силовой трансформатор (рис. 11) состоит из магнитопровода, набранного из отдельных листов электротехнической стали. На каждом из трех вертикальных стержней магнитопровода размещены обмотки ВН и НН* из изолированного провода. Обмотки ВН и НН, изолированные друг от друга и от магнитопровода, помещаются в металлическом баке, заполняемом минеральным трансформаторным маслом. Оно увеличивает электрическую прочность трансформатора и способствует его охлаждению. В трансформаторном масле не должно быть даже следов влаги.

Первичная обмотка, помимо выводов с номинальным напряжением, имеет иногда два дополнительных вывода, с помощью которых может быть получен коэффициент трансформации, отличающийся от номинального на +5 и -5%.

Номинальная мощность трансформатора (*кв*) указывается в его паспортной табличке.

На рисунке 12 приведена принципиальная однолинейная схема понижающей подстанции. Силовой трансформатор присоединяется к распределительной линии 10 *кв* через трехполюсный разъединитель и предохранители напряжением 10 *кв*. Пунктирной линией обведена аппаратура, заключенная в низковольтном распределительном шкафу. От подстанции отходят три низковольтные линии напряжением 0,4—0,23 *кв*; четвертая низковольтная линия предназначена для уличного освещения и управляется отдельным рубильником. В цепях трансформатора и отходящих линий устанавливают предохра-

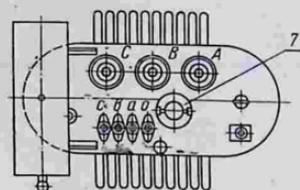
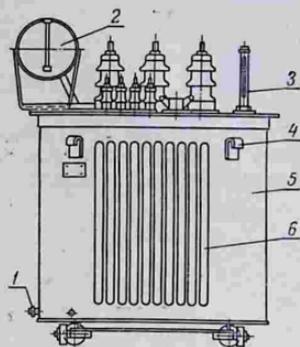


Рис. 11. Трансформатор
ТМ-100/10:

1 — болт для заземления; 2 — указатель уровня масла; 3 — термометр; 4 — скобы для подъема трансформатора; 5 — бак; 6 — трубы охлаждения; 7 — переключатель числа витков ВН; А, В, С — выводы фаз ВН; а, б, с — выводы НН; 6 — нулевая точка трансформатора.

* ВН и НН — сокращенное обозначение обмоток высшего (ВН) и низшего (НН) напряжений.

нители. При небольшой мощности отходящих линий рубильники заменяют пакетными выключателями.

По конструктивному выполнению трансформаторные подстанции делятся на открытые, закрытые и передвижные.

В последнее время внедряются комплектные трансформаторные подстанции, у которых высоковольтное и низковольтное оборудование размещено в металлических шкафах, а силовой трансформатор установлен на открытом воздухе.

Наиболее простыми и дешевыми типами сельских потребительских подстанций являются комплектные трансформаторные подстанции и открытые подстанции мачтового типа, смонтированные на П-образных или на А-образных опорах.

На рисунке 13 приведена понижающая мачтовая подстанция напряжением 10/0,4 кВ мощностью до 100 кВа, выполненная на П-образной деревянной опоре с железобетонными приставками.

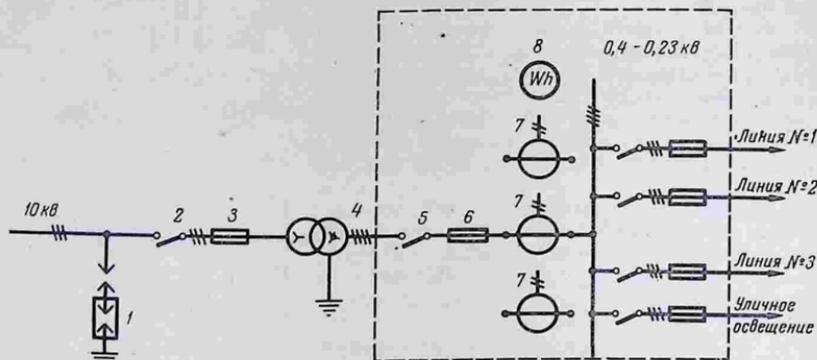


Рис. 12. Однолинейная схема трехфазной понижающей подстанции:

1 — разрядник; 2 — трехполюсный разъединитель; 3 — высоковольтные предохранители; 4 — трехфазный трансформатор; 5 — трехполюсный рубильник; 6 — высоковольтные предохранители; 7 — трансформаторы тока; 8 — счетчик энергии.

Силовой трансформатор подстанции устанавливают на площадке П-образной опоры. Площадка предназначена для осмотра и замены предохранителей, когда разъединитель отключен.

На П-образной опоре установлен низковольтный распределительный шкаф, который состоит из двух отделений: а) в отделении энергоснабжающей организации установлены общие рубильники и предохранители подстанции, трансформаторы тока и счетчик активной энергии; б) в отделении потребителя электроэнергии смонтированы рубильники и предохранители отходящих линий и линии уличного освещения.

Для защиты трансформаторов с высокой стороны напряжением 10 кВ от коротких замыканий рекомендуются следующие плавкие вставки:

Мощность трансформатора (кВа)	Номинальный ток плавкой вставки (а)
20	3,0
30	5,0
50	7,5
100	15,0

Для защиты подстанции от разрядов молнии используют трубчатые, вилтовые или роговые разрядники.

В качестве примера комплектной трансформаторной подстанции приводится КТП-320 напряжением 10/0,4 кв, которая состоит из понижающего трансформатора мощностью 320 квт и закрытого распределительного устройства. Защита трансформатора со стороны 0,4 кв от перегрузок и коротких замыканий обеспечивается автоматическим выключателем АВ 10НВ. Защита

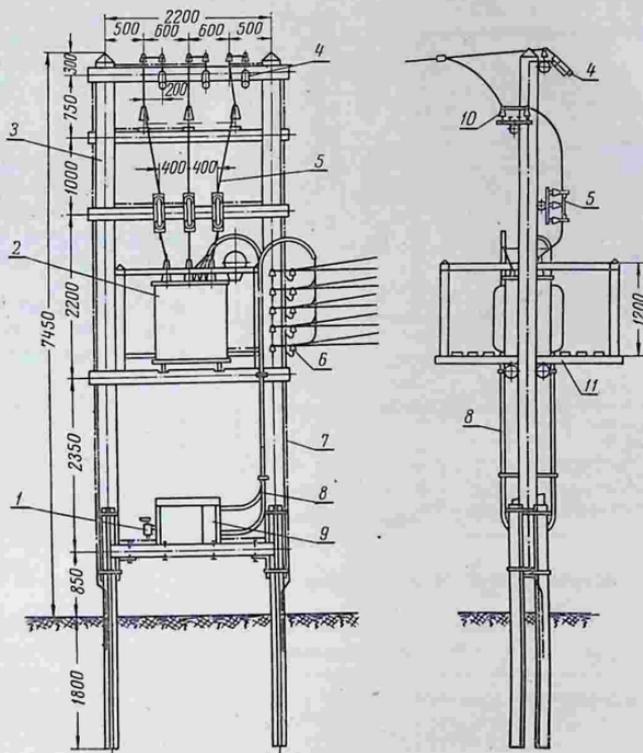


Рис. 13. Подстанция мачтового типа:

1 — рычажный привод к разъединителю; 2 — трехфазный трансформатор; 3 — П-образная деревянная на железобетонных приставках конструкция подстанции; 4 — разрядники; 5 — высоковольтные предохранители; 6 — изоляторы низковольтные; 7 — заземляющий спуск; 8 — газовые трубы с проложенными в них проводами; 9 — низковольтный распределительный шкаф; 10 — трехполюсный разъединитель; 11 — площадка.

отходящих линий осуществляется предохранителями типа ПН-2 блока «предохранитель — выключатель».

Общий вид комплектной подстанции показан на рисунке 14. Подстанция имеет глухое вводное устройство высокого напряжения, короб шнопровода, а также распределительное устройство низкого напряжения, состоящее из шкафа ввода и шкафа отходящей линии.

Обычно трансформаторную подстанцию территориально размещают возможно ближе к центру нагрузки, то есть к основным потребителям энергии. В совхозах и колхозах таковыми чаще всего являются животноводческие фермы, зерноочистительные и сушильные пункты, мощные водокачки и т. п.

Для питания энергией сезонных потребителей (зерноочистительных токов, пунктов силосования, насосных станций для орошения и т. д.) наиболее удобным типом является передвижная трансформаторная подстанция

(рис. 15), представляющая собой фургон на колесах, внутри которого установлен понижающий трансформатор и смонтировано высоковольтное и низковольтное оборудование.

Передвижная трансформаторная подстанция может быть присоединена к высоковольтной линии в любой точке.

Для электроснабжения небольшого количества потребителей сооружаются подстанции с однофазными трансформаторами ОМС-5/10 и ОМС-10/10

соответственно мощностью 5 и 10 *кВа* и напряжением 10/0,23 *кВ*. Подстанции выполняются открытыми и монтируются на опорах линий 10 *кВ*.

У всех типов подстанций следует сооружать защитное заземляющее устройство с сопротивлением заземления не более 10 *ом*, к которому надежно присоединяют все металлические части установки, нормально не находящиеся под напряжением.

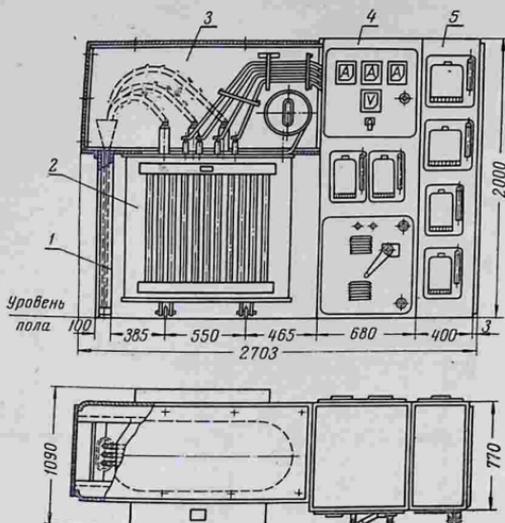


Рис. 14. Общий вид комплектной трансформаторной подстанции КТП-320-10/0,4:

1 — глухой ввод высшего напряжения; 2 — трансформатор; 3 — корпус шинопровода; 4 — закрытый шкаф ввода; 5 — шкаф отходящей линии.

При электрификации применяются следующие номинальные напряжения в вольтах (табл. 7).

ТАБЛИЦА 7

Постоянный ток

Сети и приемники электрической энергии	Источники питания
110	115
220	230
440	460

Переменный ток

Сети и приемники электрической энергии			Генераторы трехфазного тока (междуфазное напряжение)	Трансформаторы			
трехфазного тока		однофазного тока		трехфазного тока (междуфазное напряжение)		однофазного тока	
междуфазное напряжение	фазное напряжение			первичные обмотки	вторичные обмотки	первичные обмотки	вторичные обмотки ₁
—	127	127	—	—	—	127	133
220	220	220	230	220	230	220	230
380	380	380	400	380	400	380	—
660	—	—	690	660	690	660	—

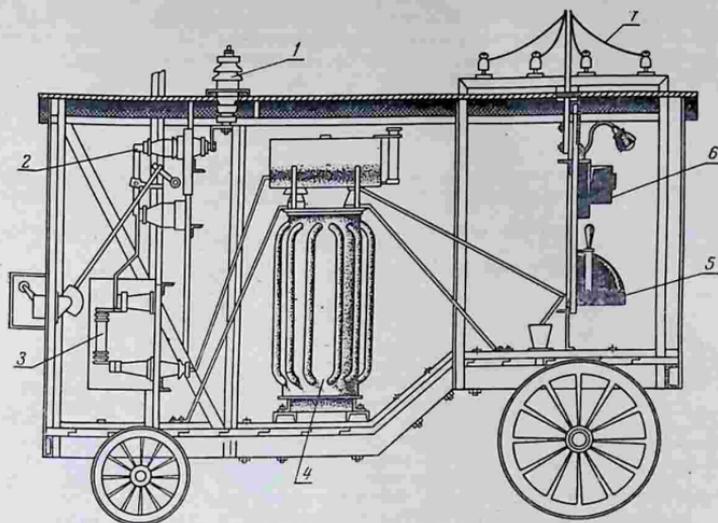


Рис. 15. Передвижная трансформаторная подстанция:

1 — высоковольтный ввод; 2 — высоковольтный разъединитель; 3 — предохранитель; 4 — трансформатор; 5 — рубильник низкого напряжения; 6 — счетчик электроэнергии; 7 — линия низкого напряжения.

Номинальным напряжением у потребителей электроэнергии, генераторов и трансформаторов называется напряжение, указываемое в паспорте установки. При номинальном напряжении установки работают в нормальном режиме и наиболее экономично.

8. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ

Энергия от генератора или понижающего трансформатора к приемникам тока передается по проводам, называемым электрической сетью, или электрической линией.

Провода с резиновой изоляцией рассчитывают так, чтобы они не нагревались выше 55°C , а голые выше 70°C и при передаче по ним электрической энергии у потребителей не получалось больших колебаний напряжения.

По действующим нормам напряжение в сети не должно превышать номинальное на $+7,5\%$ при минимальной нагрузке и быть ниже его на -10% при максимальной нагрузке. Провода низкого напряжения обычно рассчитывают на потерю напряжения и на нагрев.

Разберем простейшие примеры расчета проводов на потерю напряжения.

Пример 1. Сеть с постоянным по длине сечением провода q мм² и длиной l м нагружена на конце мощностью P кет (рис. 16, а).

Для трехфазного тока (низкого напряжения) потеря напряжения подсчитывается по следующей формуле:

$$e = \frac{lP1000}{\gamma U q},$$

а сечение провода по формуле:

$$q = \frac{lP1000}{\gamma U e},$$

где e — потеря напряжения (в);

l — длина линии в один конец (м);

P — нагрузка на конце линии (кет);

γ — удельная проводимость проводов (по приложению 1);

U — напряжение сети (в);

q — сечение проводника (мм²).

Допустим, по линии трехфазного тока из медного провода длиной 450 м передается мощность к двигателю водокачки 10 *квт* при напряжении 380 *в*. Допустимая потеря напряжения 19 *в* (5% номинального напряжения). Найти сечение провода.

Подставляя данные величины в формулу, найдем сечение провода:

$$q = \frac{450 \cdot 10 \cdot 1000}{57 \cdot 19 \cdot 380} = 10 \text{ мм}^2.$$

Пример 2. Линия постоянного сечения q и длиной l имеет ряд сосредоточенных нагрузок P_1, P_2, P_3 , находящихся от начала линии соответственно на расстояниях l_1, l_2, l_3 (рис. 16, б).

Рассчитывается она по тем же формулам, но вместо произведения lP берется сумма произведений.

Например, сечение провода для трехфазного тока можно определить по формуле:

$$q = \frac{1000 (l_1 P_1 + l_2 P_2 + l_3 P_3 + \dots + l_n P_n)}{\gamma U e} \text{ мм}^2.$$

Пример 3. Если к линии по всей ее длине присоединено более или менее равномерно большое количество мелких потребителей (например, электроосвещение вдоль улицы селения или освещение в домах колхозников), то нагрузку считают равномерно распределенной (рис. 16, в).

Для расчета линии на потерю напряжения в этом случае равномерно распределенную нагрузку заменяют сосредоточенной, которая по величине равна распределенной нагрузке (сумме всех отдельных потребителей) и считается приложенной к середине участка; сечение провода линии трехфазного тока определяют по формуле:

$$q = \frac{1000 l P}{2 \gamma U e} \text{ мм}^2.$$

Если линия состоит из проводов нескольких сечений, то каждый участок по постоянным по длине сечением рассчитывают по указанным выше формулам, а затем потери напряжения складывают.

Величина потери напряжения устанавливается нормами. Для осветительных нагрузок от источников энергии до потребителя падение напряжения допускается в пределах 5%, а для силовых — в пределах 10%.

Помимо расчета проводов на потерю напряжения, каждую линию проверяют на нагрев проводов. При этом наибольшая сила тока в изолированных и голых проводах не должна превышать значений, указанных в приложении 3.

Рис. 16. Схемы для расчета проводов:

а — при нагрузке на конце;
б — при нескольких сосредоточенных нагрузках; в — при равномерно распределенной нагрузке.

Предположим, что в примере по расчету проводов для двигателя водокачки в 10 *квт* при напряжении сети 380 *в* мы нашли, что требуется провод сечением 10 *мм*².

Найдем величину тока, потребляемого двигателем, приняв $\cos \varphi = 0,85$ и коэффициент полезного действия $\eta_{дв} = 0,8$:

$$I = \frac{P 1000}{1,73 U \cos \varphi \eta_{дв}} = \frac{10 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 22,4 \text{ а}.$$

По данным приложения 3 мы видим, что даже для изолированного провода сечением 10 *мм*² допустимый ток равен 45 *а*. В нашем примере ток равен 22,4 *а*. Значит, и по условиям нагрева полученное сечение приемлемо. Если бы при проверке на нагрев получилось неудовлетворительное решение, то необходимо было бы взять следующее, большее по стандарту, сечение провода, то есть 16 *мм*².

В то же время установлены наименьшие допустимые сечения проводов с точки зрения их механической прочности.

Так, для воздушных линий низкого напряжения наименьшее сечение 6 *мм*², для воздушных линий высокого напряжения — 10 *мм*² (по меди).

Для защиты проводов, аппаратов и электрических установок применяют различные защитные устройства, простейшими из них являются предохранители.

Основная часть предохранителя — плавкая вставка. Это металлическая проволока (или пластинка) меньшей, чем основной провод, термической устойчивости. Когда ток в цепи возрастает по какой-либо причине выше допустимой величины, плавкая вставка, перегорая, разрывает цепь тока и авария предупреждается.

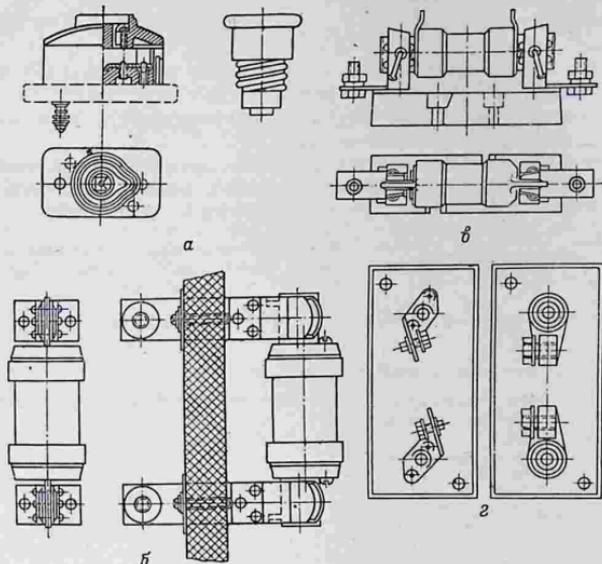


Рис. 17. Типы плавких предохранителей:
 а — пробочный; б — тип ННР; в — тип КП; г — тип П.

В таблице 8 указаны диаметры проволок для плавких вставок предохранителей из различных металлов и указаны величины тока, при которых плавкая вставка перегорает.

ТАБЛИЦА 8

Ток плавления (а)	Диаметр проволоки (мм)			
	свинец	олово	железо	красная медь
1	0,21	0,19	0,12	0,05
2	0,33	0,29	0,19	0,09
3	0,43	0,36	0,25	0,11
5	0,6	0,56	0,42	0,16
10	0,95	0,85	0,55	0,25
15	1,25	1,11	0,72	0,33
25	1,75	1,59	1,01	0,46
50	2,78	2,48	1,61	0,73
80	3,81	3,39	2,2	1,0
100	4,42	3,93	2,55	1,16
150	6,04	5,38	3,49	1,59
200	7,01	6,24	4,05	1,84
250	8,14	7,24	4,17	2,14

На рисунке 17 приведены различные типы предохранителей. Для токов до 60 а и низких напряжений используются пробочные предохранители.

Пробочный предохранитель с резьбой состоит из основания, плавкой вставки, обычно называемой пробкой, и контактных винтов.

Другим часто применяемым защитным устройством является автоматический воздушный выключатель, предназначенный для автоматического отключения цепи при коротких замыканиях и при токах перегрузки. Автоматический выключатель заменяет одновременно рубильник и предохранители и надежно защищает установку от перегрузок.

9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Генератор, электрическая сеть и приемники тока, соединенные между собой, составляют электрическую цепь.

В приемниках тока или сопротивлениях, включенных последовательно, проходит ток одинаковой величины (рис. 18).

Распределение напряжения между отдельными сопротивлениями зависит от величины сопротивлений, составляющих последовательную цепь.

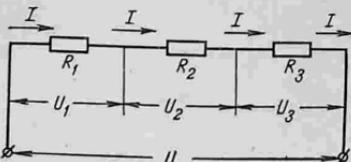


Рис. 18. Схема последовательного соединения сопротивлений — приемников тока:

R_1, R_2, R_3 — соответственно первое, второе и третье сопротивления; U_1, U_2, U_3 — напряжения на зажимах соответствующих сопротивлений; U — общее напряжение на зажимах цепи, равное сумме $U_1 + U_2 + U_3$.

Пример 4. Два провода — стальной и алюминиевый — соединены последовательно (такое соединение практически выполняется с помощью специальных зажимов). Первый провод длиной $l_1 = 260$ м и сечением $q_1 = 4$ мм², второй провод длиной $l_2 = 400$ м и сечением $q_2 = 2,5$ мм². Найти их общее сопротивление и величину тока, если напряжение равно 220 в. Установить, как это напряжение распределится между сопротивлениями.

Решение. Сопротивление стального провода:

$$r_{ст} = \rho_{ст} \frac{l_1}{q_1} = 0,13 \frac{260}{4} = 8,2 \text{ ом.}$$

Сопротивление алюминиевого провода:

$$r_{ал} = \rho_{ал} \frac{l_2}{q_2} = 0,026 \frac{400}{2,5} = 4,16 \text{ ом.}$$

Общее сопротивление при последовательном соединении:

$$r_{об} = r_{ст} + r_{ал} = 8,2 + 4,16 = 12,36 \text{ ом.}$$

Величина тока по закону Ома:

$$I = \frac{U}{r_{об}} = \frac{220}{12,36} = 17,8 \text{ а.}$$

Потеря напряжения в стальном проводе:

$$U_{ст} = I r_{ст} = 17,8 \cdot 8,2 = 146 \text{ в.}$$

То же в алюминиевом проводе:

$$U_{ал} = I r_{ал} = 17,8 \cdot 4,16 = 74 \text{ в.}$$

Из приведенного примера видно, что при последовательном соединении сопротивлений ток во всех участках цепи одинаков, общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех участков цепи, а напряжение распределяется прямо пропорционально сопротивлениям.

При последовательном соединении источников тока общая э. д. с. $E_{об}$ равна сумме э. д. с. всех источников, включенных последовательно, то есть $E_{об} = E_1 + E_2 + E_3$, или $E_{об} = \Sigma E$.

Если соединить последовательно два аккумулятора, каждый из которых имеет напряжение 6 в, общее напряжение составит 12 в.

При параллельном соединении сопротивлений общий ток I разветвляется в узле (рис. 19, точка А) по ветвям.

Токи в ветвях и общий ток находят на основании первого закона Кирхгофа, то есть

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Найдем величину тока в ветвях и общий ток, если подведенное напряжение равно 220 в, а сопротивления ветвей такие: $r_1 = 5$ ом, $r_2 = 10$ ом и $r_3 = 20$ ом.

По закону Ома найдем токи для каждой ветви. Ток в первой ветви:

$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{220}{5} = 44 \text{ а};$$

во второй:

$$I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{220}{10} = 22 \text{ а};$$

в третьей:

$$I_3 = \frac{U}{r_3} = \frac{220}{20} = 11 \text{ а}.$$

Очевидно, что в точке *A* будет сумма этих токов, то есть общий ток, который равен:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 44 + 22 + 11 = 77 \text{ а}.$$

Итак, при параллельном соединении сопротивлений токи в ветвях распределяются обратно пропорционально сопротивлениям, общий ток равен сумме токов в ветвях, а напряжение на всех параллельных ветвях одинаково.

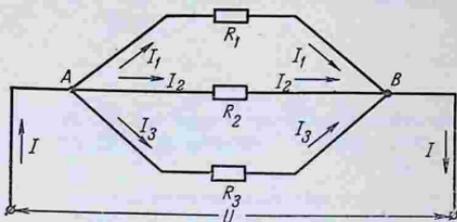


Рис. 19. Схема параллельного соединения сопротивлений — приемников тока:

R_1, R_2, R_3 — сопротивления; I_1, I_2, I_3 — токи в параллельных ветвях; I — общий ток.

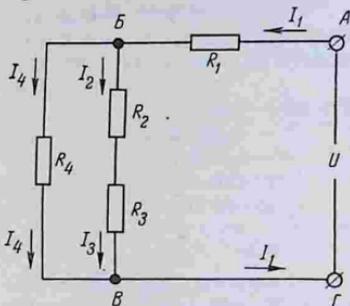


Рис. 20. Схема смешанного соединения сопротивлений.

При параллельном соединении проводников общая проводимость $g_{об}$ равна сумме проводимостей всех параллельных ветвей:

$$g_{об} = g_1 + g_2 + g_3, \text{ или } g_{об} = \Sigma g.$$

На практике применяется и смешанное соединение сопротивлений, то есть комбинация из последовательных и параллельных соединений.

По приведенной на рисунке 20 схеме определим величину тока во всех участках цепи и напряжение на параллельных ветвях при напряжении источника 220 в. Сопротивления соответственно равны: $r_1 = 5$ ом; $r_2 = 10$ ом; $r_3 = 20$ ом и $r_4 = 60$ ом.

Общее сопротивление цепи:

$$r = r_1 + \frac{r_4(r_2 + r_3)}{r_4 + r_2 + r_3} = 5 + \frac{60(10 + 20)}{60 + 10 + 20} = 25 \text{ ом}.$$

Ток в неразветвленной части цепи:

$$I_1 = \frac{U}{r} = \frac{220}{25} = 8,8 \text{ а}.$$

Напряжение на параллельных ветвях:

$$U_{BB} = U - I_1 r_1 = 220 - 8,8 \cdot 5 = 176 \text{ в}.$$

Токи в ветвях:

$$I_2 = I_3 = \frac{U_{BB}}{r_2 + r_3} = \frac{176}{10 + 20} = \frac{176}{30} = 5,9 \text{ а};$$

$$I_4 = \frac{U_{BB}}{r_4} = \frac{176}{60} = 2,9 \text{ а}.$$

10. МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Электрической мощностью P называется работа A , произведенная электрическим током в секунду, то есть $P = \frac{A}{t}$.

За единицу мощности принят ватт, то есть мощность, которая каждую секунду производит работу в один джоуль:

$$1 \text{ вт} = \frac{1 \text{ дж}}{1 \text{ сек}};$$

отсюда $1 \text{ дж} = 1 \text{ вт} \cdot 1 \text{ сек}$.

С другой стороны, ватт — это мощность при напряжении 1 в и силе тока 1 а , то есть

$$P = UI = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ а} = 1 \text{ вт}.$$

Более крупные единицы мощности: гектоватт ($1 \text{ гвт} = 100 \text{ вт}$), киловатт ($1 \text{ кВт} = 1000 \text{ вт}$) и мегаватт ($1 \text{ Мвт} = 1\,000\,000 \text{ вт}$).

Работа, произведенная током за какой-то промежуток времени, называется электрической энергией. Электрическая энергия есть мощность, умноженная на время ее действия:

$$W = Pt,$$

где W — энергия;
 P — мощность;
 t — время.

Единица энергии $1 \text{ дж} = 1 \text{ вт} \cdot 1 \text{ сек} = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ а} \cdot 1 \text{ сек}$.

Более крупные единицы электрической энергии: 1 ватт-час ($1 \text{ вт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ вт} \cdot \text{сек} = 3600 \text{ дж}$); 1 киловатт-час ($1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1000 \text{ вт} \cdot \text{ч} = 3\,600\,000 \text{ дж}$).

Пример. Подсчитать месячный расход электроэнергии на освещение 400 домов в колхозе, если в каждом доме лампочки мощностью 150 вт горят по 5 ч в сутки.

Решение. Мощность всех установленных в колхозе ламп: $400 \cdot 150 = 60\,000 \text{ вт}$ или 60 кВт . Число часов горения ламп за месяц: $5 \cdot 30 = 150 \text{ ч}$, считая в месяце 30 дней. Месячный расход электроэнергии на освещение колхоза: $W = Pt = 60 \cdot 150 = 9000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

ТАБЛИЦА 9

Сравнение единиц мощности

Наименование единиц	Ватт (вт)	Килограмм-сила-метр в секунду (кгМ/сек)	Лошадиная сила (л. с.)	Килокалория в секунду (ккал/сек)
Ватт	1	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$
Килограмм-сила-метр в секунду	9,81	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
Лошадиная сила	736	75	1	0,176
Килокалория в секунду	$4,19 \cdot 10^3$	427	5,69	1

ТАБЛИЦА 10

Сравнение единиц энергии

Наименование единиц	Джоуль (дж)	Киловатт-час (квт·ч)	Килограмм-сила-метр (кг·м)	Эрг	Килокалория (ккал)
Джоуль	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,102	10^7	$2,39 \cdot 10^{-4}$
Киловатт-час	$3,6 \cdot 10^6$	1	$3,67 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^{13}$	860
Килограмм-сила-метр	9,81	$2,72 \cdot 10^{-6}$	1	$9,81 \cdot 10^7$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
Эрг	10^{-7}	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$0,102 \cdot 10^{-7}$	1	$2,39 \cdot 10^{-11}$
Килокалория	$4,19 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	427	$4,18 \cdot 10^{10}$	1

$1 \text{ эрг} = 1 \text{ дин} \times 1 \text{ см}$ — работа, совершаемая силой в 1 дин на пути в 1 см .

В таблицах 9 и 10 приведены некоторые соотношения между единицами мощности и энергии по системе СИ и допускаемыми ГОСТ 7664—61 единицами других систем.

11. ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКА

Из электроэнергии в количестве одной ватт-секунды или джоуля можно получить тепловой энергии 0,24 малой* калории.

Обозначая количество тепла через Q , можно написать: $Q = 0,24 UIt$; но $U = Ir$; тогда $Q = 0,24 I^2 r t$ малых калорий. Другими словами, количество тепла, выделенное в проводнике, пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока t . Эта зависимость была установлена русским ученым Ленцем и английским ученым Джоулем и носит название закона Ленца — Джоуля.

Примем этот закон для расчета электронагревательного элемента водонагревателя емкостью 50 л. Вода должна нагреваться за 2 ч от 10 до 100°. Напряжение сети 220 в. Коэффициент полезного действия нагревателя $\eta = 0,72$.

а. Количество тепла Q , необходимое для нагревания 50 л (50 000 см³) воды от 10 до 100°:

$$Q = 50\,000 \cdot (100 - 10) = 4\,500\,000 \text{ малых калорий.}$$

б. Сила тока:

$$I = \frac{Q}{0,24 \cdot U t \eta} \text{ а,}$$

где $t = 2 \text{ ч} = 7200 \text{ сек.}$, $I = \frac{4\,500\,000}{0,24 \cdot 220 \cdot 7200 \cdot 0,72} = 15,8 \text{ а.}$

в. Сопротивление нагревательного элемента:

$$r = \frac{U}{I} = \frac{220}{15,8} = 13,9 \text{ ом.}$$

г. Изготавливая нагревательный элемент из нихрома ($\rho = 1,0$) сечением $q = 3 \text{ мм}^2$, можно найти необходимую длину проволоки:

$$l = \frac{r q}{\rho} = \frac{13,9 \cdot 3}{1} = 41,7 \text{ м.}$$

д. Мощность водонагревателя:

$$P = UI = 220 \cdot 15,8 = 3476 \text{ вт} \approx 3,5 \text{ квт.}$$

Электротепло широко используется в быту и в производстве. Лампы накаливания, бытовые электроприборы, брудеры-обогреватели, электросварка основаны на тепловом действии тока.

В процессе работы электродвигателей, трансформаторов и электрических аппаратов часть подводимой к ним электрической энергии также превращается в тепловую, но это является не только потерей энергии, при недо-

ТАБЛИЦА 11

Единицы измерения тепловых величин

Наименование величин	Единица измерения	Сокращенное обозначение	Размер единицы в системе СИ
Количество теплоты	калория	кал	4,19 Джс
Теплоемкость системы	калория на градус	кал/град	4,19 Джс/град
Удельная теплоемкость	калория на грамм-градус	кал/г·град	4,19 Джс/г·град
Теплопроводность	калория на сантиметр-секунду-градус	кал/см.сек.град.	4,19·10 ² вт/м·град

* Малая калория — такое количество тепла, которое необходимо, чтобы нагреть 1 см³ воды на 1° С.

пустимо большим выделении тепла перегрев может привести к порче изоляции и выходу из строя электроустановок.

Для перевода градусов	В градусы	
	стоградусной шкалы (°C)	абсолютной шкалы (°K)
	необходимо показание переводимой шкалы	
Стоградусной шкалы (°C)	—	прибавить к 273,1
Абсолютной шкалы (°K)	уменьшить на 273,1	—

В таблице 11 приведены допущенные стандарты единиц измерения тепловых величин, основанных на калории.

12. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОМАГНИТИЗМ

Магнитным полем называется пространство, в котором проявляется действие магнитных силовых линий. Такое поле имеется, например, между полюсами магнита, а также вокруг проводника, по которому проходит ток.

Наиболее часто используется магнитное поле, полученное от проводника с током, если проводник свит в спираль или катушку.

На чертежах принято изображать ток, текущий по проводнику к нам, точкой, от нас — крестиком. На рисунке 21 показано направление силовых линий, возникающих от тока, текущего по направлению к нам *a* и от нас *b*. Направление силовых линий определяется по правилу буравчика (рис. 21, б).

Если в магнитное поле перпендикулярно к его силовым линиям поместить провод длиной *l* и пропустить по нему ток *I*, то на провод будет действовать механическая сила *F*, которая назы-

Рис. 21. Определение направления магнитных силовых линий вокруг проводника с током по правилу буравчика.

вается электромагнитной силой. Ее направление перпендикулярно как к направлению силовых линий, так и к направлению тока (рис. 22). Величина силы *F* равна произведению тока на длину провода и интенсивность магнитного поля:

$$F = BIl,$$

где *l* — длина проводника (м);

F — сила в ньютонах ($1 \text{ н} = 0,102 \text{ кг}$);

I — ток (а);

B — величина, характеризующая интенсивность магнитного поля в данной точке, называется потоком магнитной индукции, который измеряется в $\frac{\text{вб} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$, или в $\frac{\text{вб}}{\text{м}^2}$, или в тл.

Но вебер на метр квадратный или тесла очень крупные величины, поэтому часто применяют единицу, в 10 тыс. раз меньшую и называемую гаусс (гс): $1 \text{ гс} = 10^{-4} \text{ вб/м}^2$.

Направление действия электромагнитной силы определяется по правилу левой руки:

если левую руку мысленно поместить в магнитное поле так, чтобы силовые линии входили в ладонь, а вытянутые пальцы указывали направление тока в проводнике, то отогнутый в сторону большой палец укажет направление действия силы (рис. 22).

Почему же на проводник с током, помещенный в магнитном поле, начинает действовать механическая сила? Если в проводнике ток направлен от нас (рис. 23, а) (в сечении проводника поставлен крестик), то по правилу буравчика силовые линии направлены по часовой стрелке. Силовые же линии магнита выходят из северного полюса и входят в южный.

Магнитное поле полюсов и магнитное поле, образованное током в проводнике, взаимодействуют, и получается результирующее поле. Справа от проводника (рис. 23, б) оно усилено, так как с этой стороны силовые линии, как

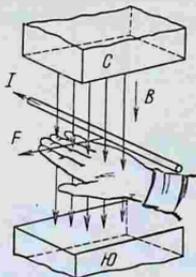


Рис. 22. Направление силы F , действующей на проводник с током в магнитном поле, и иллюстрация к правилу левой руки.

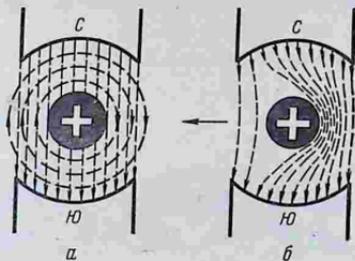


Рис. 23. Направление магнитных силовых линий полюсов и силовых линий вокруг проводника с током (а) и результирующее магнитное поле (б).

одинаково направленные, складываются, а слева от проводника поле ослаблено, так как силовые линии, направленные навстречу друг другу, вычитаются. В результате проводник стремится двигаться по направлению, указанному стрелкой, под давлением как бы растянутых силовых линий, которые всегда стремятся укоротиться (подобно растянутым резиновым жгутам).

Действие всех электрических двигателей основано на использовании этой силы, получающейся в результате взаимодействия магнитного поля и проводника с током, помещенного в это магнитное поле.

13. ДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Из двигателей переменного тока в практике электрификации совхозов и колхозов наибольшее распространение получил трехфазный, короткозамкнутый, асинхронный двигатель. Он прост по устройству, надежен в работе, прост по обслуживанию, дешев по стоимости и имеет меньший вес по сравнению с двигателями других типов. Этот тип двигателя изобрел русский инженер М. О. Доливо-Добровольский в 1889 г.

На рисунке 24 представлены основные части такого двигателя. Статор — неподвижная часть — представляет собой пакет железа с пазами, набранный из отдельных листов электротехнической стали. В пазах статора заложены три обмотки (фазы), откуда и название двигателя — трехфазный. Фазы заложены под углом 120° одна к другой и выполняются из изолированного провода.

Внутри статора помещается ротор — вращающаяся часть. Ротор, как и статор, также набран из листов электротехнической стали, а в пазах заложена обмотка из медных или алюминиевых стержней без изоляции, которые между собой замкнуты накоротко. Отсюда второе слово в названии двигателя — короткозамкнутый, то есть у такого двигателя от роторной обмотки концы не выводятся. Остальные две детали — подшипниковые щиты — крепятся к корпусу двигателя. В центрах щитов имеются подшипники, которые являются опорами для вала ротора.

✓ Принцип действия короткозамкнутого двигателя состоит в том, что когда к статорной обмотке подводится от источника энергии трехфазное напряжение, то в статоре образуется вращающееся магнитное поле. Силовые линии этого поля, вращаясь, пересекают обмотку ротора, и в последней наводится э. д. с., а под действием э. д. с. возникают ток и магнитный поток ротора.

Взаимодействие магнитного поля статора с магнитным потоком ротора создает механический вращающий момент, под действием которого ротор

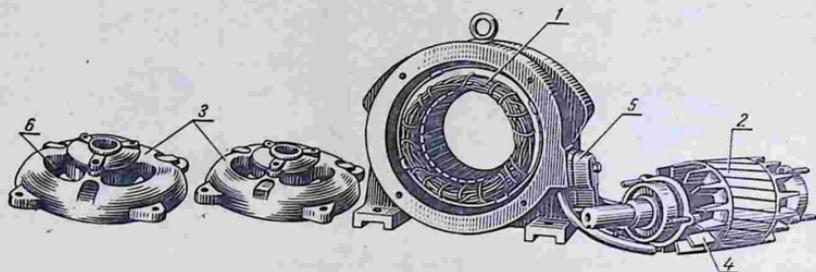


Рис. 24. Трехфазный короткозамкнутый асинхронный электродвигатель:
1 — статор; 2 — ротор; 3 — подшипниковые щиты; 4 — вентилятор; 5 — крышка, закрывающая щиты; 6 — вентиляционные отверстия.

начинает вращаться, таким образом подведенная к статору электрическая энергия превращается в механическую.

Скорость вращения магнитного поля в статоре зависит от частоты тока и от числа пар полюсов двигателя:

$$n_{м. п} = \frac{60f}{p} \text{ об/мин,}$$

где $n_{м. п}$ — скорость вращения магнитного поля статора;

f — частота тока;

p — число пар полюсов двигателя.

При стандартной частоте тока (принятой в СССР 50 периодов в секунду), числитель этого выражения всегда равен 3000; следовательно, скорость вращения поля практически зависит только от числа пар полюсов.

При одной паре полюсов скорость вращения поля будет 3000 об/мин, при двух — 1500, при трех — 1000, при четырех — 750 и т. д.

Вращающееся поле статора пересекает обмотку ротора, но для пересечения необходимо, чтобы ротор имел меньшую скорость вращения, чем поле статора. В действительности ротор на 1—7% имеет меньшее число оборотов в минуту, нежели вращающееся магнитное поле. Это явление — отставание ротора по оборотам — носит название асинхронизма, а отсюда и название двигателя — асинхронный.

✓ От статорной обмотки трехфазного двигателя выводятся на щиток шесть выводов: начало и конец каждой из трех фаз (рис. 25, а).

Обмотки фаз статора могут быть соединены двояко: звездой или треугольником. ✓

Для соединения в звезду достаточно одной горизонтальной перемычки, соединяющей три конца (или три начала) обмоток в одну точку (рис. 25, б). Для соединения же в треугольник необходимы три вертикальные перемычки, из которых средняя перемычка соединяет конец первой фазы с началом второй, правая — конец второй с началом третьей и левая перемычка соединяет конец третьей фазы с началом первой (рис. 25, в).

Выбор схемы соединения (звездой или треугольником) зависит от номинального напряжения двигателя (указывается в паспорте двигателя) и напряжения в сети данного хозяйства.

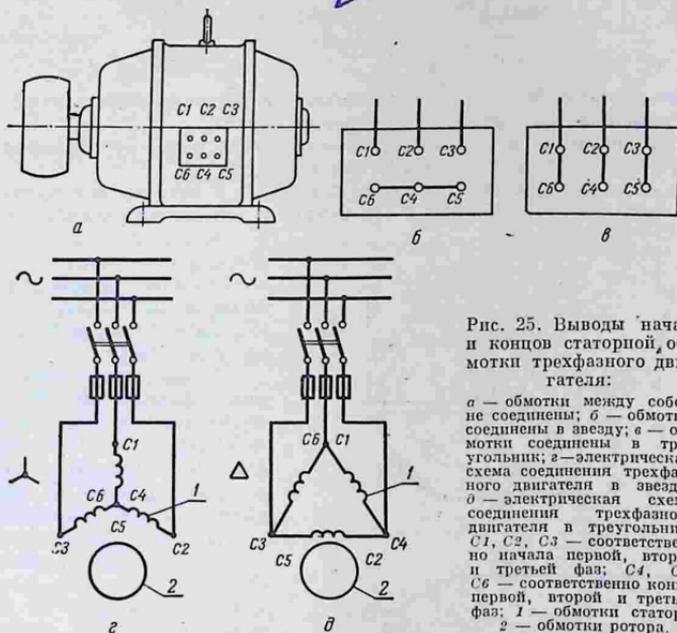


Рис. 25. Выводы начал и концов статорной обмотки трехфазного двигателя:

а — обмотки между собой не соединены; б — обмотки соединены в звезду; в — обмотки соединены в треугольник; г — электрическая схема соединения трехфазного двигателя в звезду; д — электрическая схема соединения трехфазного двигателя в треугольник; C1, C2, C3 — соответственно начала первой, второй и третьей фаз; C4, C5, C6 — соответственно концы первой, второй и третьей фаз; 1 — обмотки статора; 2 — обмотки ротора.

Двигатели единой серии А изготовлялись на следующие три напряжения: 127/220, 220/380 и на 380 в. Выпускаемые в настоящее время двигатели новой единой серии А2 и А02 имеют напряжения 220/380 в или 380 в при соединении обмоток статора в Δ. Напряжение в сети может быть 127, 220 или 380 в.

Если напряжение в сети (то есть напряжение, имеющееся в хозяйстве) совпадает с большим напряжением, указанным в паспорте двигателя, то обмотки статора нужно соединять в звезду; если же напряжение в сети совпадает с меньшим напряжением, указанным на двигателе, то обмотку статора нужно соединять в треугольник. Если же напряжение в сети не совпадает ни с одним из напряжений, указанных на двигателе, то такой двигатель не может быть использован в данном хозяйстве.

На основании приведенных правил в таблице 12 указано, как должны быть соединены обмотки статора трехфазного двигателя в различных случаях.

Определив способ соединения обмотки статора, двигатель можно присоединить к сети по схемам, приведенным на рисунке 25, г и д.

Чтобы изменить направление вращения ротора двигателя, достаточно два любых провода из трех, подводящих к двигателю напряжение от сети,

Схемы соединения обмоток

Напряжение сети (е)	Напряжение двигателя (е)		
	127/220	220/380	380
	способ соединения обмоток		
127	Треугольник	—	—
220	Звезда	Треугольник	—
380	—	Звезда	Треугольник

поменять местами. Менять местами можно у зажимов двигателя или у зажимов рубильника (где удобнее по условиям монтажа).

Пуск двигателя в ход и остановка осуществляются рубильником, магнитным пускателем или пакетным выключателем.

В практике встречаются электродвигатели, у которых нет обозначений на выводах обмоток, что чаще всего бывает у двигателей отремонтированных.

В этом случае возникает необходимость определить шесть выступающих концов статорной обмотки по фазам, а затем в каждой фазе определить ее «начало» и «конец».

Распределение шести концов по фазам можно выполнить, пользуясь контрольной лампочкой (рис. 26, а). Поступают следующим образом. Свободным концом провода 3 касаются одного из шести выступающих концов статорной обмотки, а концом провода 1 поочередно касаются остальных пяти концов статорной обмотки. При исправных обмотках и изоляции лампочка загорается в том случае, когда провода 3 и 1 коснутся двух концов, принадлежащих к одной фазе статора. Ее можно назвать первой фазой.

Таким же способом находят вторую и третью фазы статорной обмотки. Найденные фазы помечают этикетками.

После этого той же контрольной лампочкой проверяют

исправность изоляции обмоток по отношению к корпусу двигателя (рис. 26, б). Для этого свободный конец провода 1 плотно прижимают к корпусу двигателя (на корпусе место прикосновения нужно очистить от краски до блеска), а концом провода 3 поочередно касаются выступающих концов фаз. Если при этих прикосновениях к концам фаз лампочка не будет загораться, можно считать, что изоляция двигателя исправна, или, как говорят, двигатель не дает пробоя на корпус.

Определив принадлежность выступающих концов по фазам, необходимо найти в каждой фазе ее «начало» и «конец». Выполнить это можно методом подбора, который заключается в следующем. В найденных контрольной

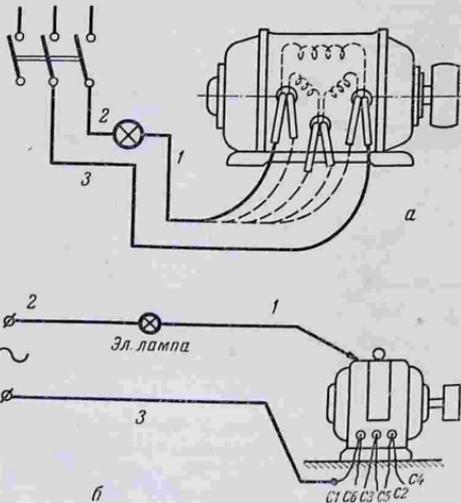


Рис. 26. Схема включения и использования контрольной лампочки:

а — для распределения выводов обмотки статора по фазам; б — для проверки исправности изоляции обмоток двигателя.

лампочкой фазх условно один конец называют «началом», а второй — «концом».

Затем собирают схему, согласно рисунку 27. После включения рубильника наблюдают, как работает двигатель — нормально или ненормально. Если ненормально (гудит, имеет небольшое число оборотов в минуту и т. д.), то первую фазу поворачивают на 180° и снова после включения напряжения наблюдают, как работает двигатель. Если опять работает ненормально,

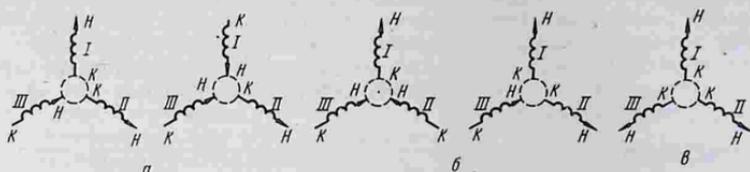


Рис. 27. Схема определения начал и концов фазных обмоток статора трехфазного двигателя методом подбора:
H — начала фаз; K — концы фаз.

возвращают первую фазу в исходное положение, а поворачивают на 180° вторую фазу, то есть последовательно меняют соединения (рис. 27, а, б, в), добиваясь нормальной работы двигателя.

Короткозамкнутый двигатель обладает одним недостатком: при его включении получается бросок тока, в 6—7 раз больший чем ток [при полной нагрузке. Для уменьшения пускового тока применяют схему пуска с переключателем со звезды на треугольник (рис. 28). По этой схеме при пуске двигателя ножи переключателя вводят в нижние зажимы, соединя обмотки статора двигателя в звезду. После того как ротор двигателя начнет вращаться с достаточным числом оборотов в минуту, ножи переключателя в верхнее положение, при этом обмотки статора соединяются в треугольник. Таким приемом величина пускового тока снижается в 3 раза; но схема может быть использована только тогда, когда двигатель должен работать при соединении обмоток статора в треугольник и момент сопротивления рабочей машины невелик.

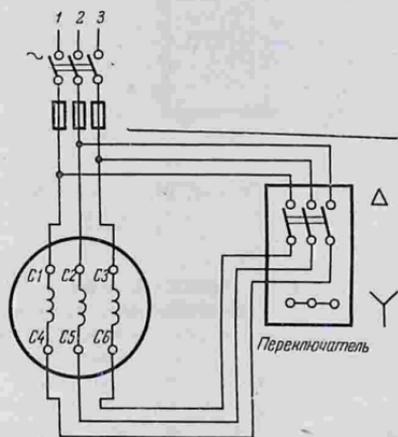


Рис. 28. Схема пуска двигателя с использованием переключателя со звезды на треугольник.

При большом статическом моменте сопротивления иногда приходится вместо короткозамкнутого двигателя брать электродвигатель с контактными кольцами (рис. 29), называемый двигателем с фазным ротором. Чтобы уменьшить величину пускового тока, в двигателе с фазным ротором на момент пуска к ротору с помощью щеток, лежащих на кольцах, присоединяют реостат, представляющий собой добавочное сопротивление.

Перед пуском необходимо убедиться, что щетки плотно лежат на кольцах δ , а сопротивление реостата полностью включено. К моменту, когда двигатель будет иметь номинальную скорость вращения, реостат должен быть полностью выключен

При работающем двигателе рычагом \mathcal{Z} , имеющимся на некоторых типах двигателей, следует поднять щетки с колец, передвинув рычаг на себя. Одновременно с поднятием щеток под кольца подходят медные пластины.

которыми кольца закорачиваются между собой, и двигатель становится короткозамкнутым. В двигателях с фазным ротором марки АГ механизм подъема щеток отсутствует, и двигатель работает с постоянно наложенными щетками.

У двигателя с кольцами пусковой ток благодаря включаемому на время пуска реостату только в 1,5—2,5 раза больше, чем ток при полной номинальной нагрузке двигателя.

Двигатели с кольцами применяются при пуске сложных, тяжелых, медленно разворачивающихся машин, например сложных молотилок, мельничных поставов, мощных силосорезок и т. п.

Чтобы электродвигатели работали безотказно и не выходили из строя, необходимо строго соблюдать правила их эксплуатации. Основные правила сводятся к следующему.

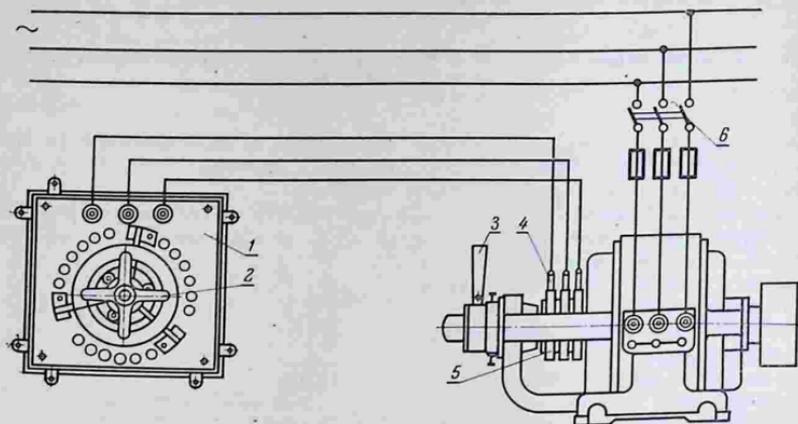


Рис. 29. Схема включения двигателя с реостатом:

1 — пусковой реостат; 2 — штурвал реостата; 3 — рычаг для подъема и опускания щеток; 4 — щетки; 5 — кольца; 6 — рубильники.

1. Перед пуском проверить схему соединений, соответствие и исправность предохранителей, повернуть (от руки) вал ротора и проверить надежность крепления всех зажимов на щитке двигателя и у рубильников. Если двигатель длительное время не использовался, проверить состояние его изоляции, замерив мегомметром ее сопротивление.

2. Появление в процессе пуска или работы у двигателя гудения, шумов, искрения, значительных местных нагревов сигнализирует о неисправностях. В таких случаях необходимо немедленно отключить двигатель от сети, найти неисправности и устранить их.

3. Не допускать нагрев двигателя свыше 90°C .

4. Следить, чтобы все токоведущие части были надежно изолированы, а рубильники и предохранители закрыты изолирующими кожухами.

5. Всякого рода ремонтные и монтажные работы на электроустановках производить только после их отключения от сети.

6. Корпус электродвигателя, нормально не находящийся под напряжением, надежно соединить с землей. Для этого нужно соединить корпус двигателя голым или изолированным проводом сечением не меньше 16 мм^2 с заземлителем. В качестве заземлителей чаще всего используются отрезки уголковой стали длиной 2—2,5 м, вертикально забитые в землю на глубину 2,5—3 м. Показателем того, что заземление отвечает техническим требованиям, является величина его сопротивления, которая не должна быть больше 10 *ом*.

14. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СПОСОБЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Из большого количества электроизмерительных приборов специалисту, работающему в сельскохозяйственном производстве, необходимо знать приборы, измеряющие ток (миллиамперметры и амперметры), напряжение (вольтметры и киловольтметры), мощность (ваттметры, киловаттметры), энергию (счетчики гектоватт- и киловатт-часов), частоту (частотомеры), коэффициент мощности (фазометры), сопротивление (омметры, мегомметры).

Электроизмерительные приборы различают по роду измеряемой величины (амперметры, вольтметры, ваттметры), по принципу действия (магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и т. п.), по роду тока (постоянный, переменный), по способу применения (стационарные, переносные и для передвижных установок) и по степени точности.

Всякий электроизмерительный прибор показывает измеряемую величину с некоторой погрешностью (ошибкой). Разность между измеренной (показанной) прибором величиной a_x и действительным (истинным) ее значением a называется абсолютной погрешностью Δ

$$\Delta = a_x - a.$$

За действительное значение измеряемой величины обычно принимается показание образцового прибора.

Характеризовать точность работы прибора абсолютной погрешностью нельзя. Действительно, если амперметр для измерения тока до $100 a$ показывает с точностью до $2,5 a$ (абсолютная погрешность $2,5 a$), то во многих случаях такая погрешность может быть допустимой. Если же амперметр для измерения тока до $5 a$ будет работать с той же абсолютной погрешностью $2,5 a$, то, очевидно, его точность окажется неудовлетворительной. Поэтому введено понятие *приведенной погрешности*. Это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности измеряемой величины к наибольшему значению, которое может быть измерено по шкале прибора. Обозначим символом β_m приведенную погрешность и символом a_m максимальное значение величины, которая может быть измерена по шкале прибора.

Тогда

$$\beta_m = \frac{a_x - a}{a_m} 100\%.$$

В соответствии с ГОСТ 1845—59 все электроизмерительные приборы разделяются по степени их точности на восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0. Основная приведенная погрешность прибора, относящегося к данному классу, не должна превышать величину класса. Например, для приборов класса 0,5 основная приведенная погрешность не превышает 0,5% и т. д. Знак класса прибора указывается на шкале прибора в виде цифры.

Приборы классов 0,05; 0,1 и 0,2 употребляются для точных лабораторных измерений, для проверки и градуировки приборов, имеющих более низкий класс. Приборы классов 0,5; 1,0 и 1,5 предназначены для экспериментальных измерений в производственных условиях. Приборы классов 2,5 и 4,0 используются в качестве цитовых приборов для технических измерений.

Ценой деления называется именованное число, на которое должен быть умножен отсчет, выраженный в делениях шкалы, чтобы получить значение измеряемой величины. Например, двухпредельный амперметр с переключателем пределов на 2,5 и 5 a имеет 100 делений шкалы.

При установке переключателя пределов на 2,5 a цена деления прибора находится так: $2,5 a : 100 = 0,025 a/\text{дел}$. Если стрелка амперметра показывает 46 делений, ток при этом равен $46 \times 0,025 = 1,15 a$.

В условиях сельского хозяйства наиболее часто применяются приборы электромагнитной системы благодаря их дешевизне, большой перегрузочной способности, надежной конструкции и возможности делать измерения как в цепях переменного, так и в цепях постоянного тока (рис. 30).

Основные части прибора электромагнитной системы: плоская катушка с обмоткой из изолированной медной проволоки и подвижная система, состоящая из плоского сердечника, выполненного из магнитомягкого материала (в лабораторных приборах из сплава пермаллой), стрелки и поршня воздушного успокоителя, жестко закрепленных на оси. Плоский сердечник посажен эксцентрично. С осью жестко связана противодействующая спиральная пружина (на рисунке не показана).

При прохождении по обмотке катушки тока плоский сердечник, втягиваясь в узкую щель катушки, создает вращающий момент. Когда противодействующий момент, создаваемый спиральной пружиной, сравняется с вращающим, подвижная система, повернувшись на некоторый угол, останавливается и стрелка показывает на шкале значение измеряемой величины. Поршень воздушного успокоителя свободно ходит в цилиндрической камере,

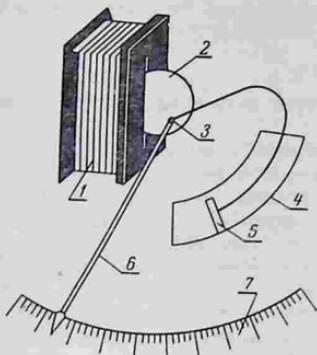


Рис. 30. Схема устройства электроизмерительного прибора электромагнитной системы:

1 — катушка; 2 — плоский сердечник; 3 — ось; 4 — камера; 5 — поршень воздушного успокоителя; 6 — стрелка; 7 — шкала делений.

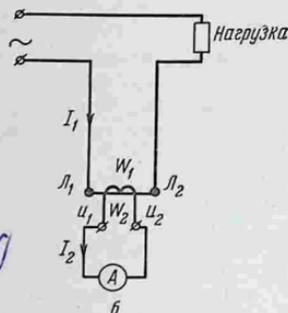
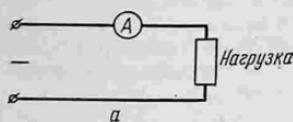


Рис. 31. Схема измерения тока:

а — непосредственное включение амперметра в цепь; б — включение амперметра через трансформатор тока; А — амперметр.

изогнутой по дуге окружности, и, препятствуя благодаря сопротивлению воздуха перемещению подвижной системы резкими толчками, успокаивает колебания.

Вращающий момент, приложенный к подвижной системе электромагнитного прибора, пропорционален действующему значению переменного тока, протекающего по катушке.

Измерение электрического тока. Если измеряемый ток не превышает допустимой для данного амперметра величины, прибор непосредственно включают в измеряемую цепь (рис. 31, а). Если измеряемый ток превышает допустимое для данного амперметра значение, при измерении переменного тока применяют трансформаторы тока (рис. 31, б).

Трансформатор тока состоит из замкнутого магнитопровода, набранного из листов электротехнической стали, и двух обмоток: первичной и вторичной. Первичная обмотка с числом витков ω_1 и зажимами L_1 и L_2 выполняется из изолированной медной проволоки и включается последовательно в цепь, ток которой подлежит измерению. Вторичная обмотка с числом витков ω_2 изготавливается из изолированной медной проволоки, и к ее зажимам u_1 и u_2 подключается амперметр.

Принцип действия трансформаторов тока заключается в следующем: переменный ток I_1 , проходящий по первичной обмотке, создает переменное

магнитное поле, которое замыкается по магнитопроводу и пересекает вторичную обмотку, наводя в ней электродвижущую силу (э. д. с.). Под влиянием этой э. д. с. появляется ток I_2 во вторичной цепи.

Отношение номинальных величин первичного и вторичного токов трансформатора называется коэффициентом трансформации $n = \frac{I_1}{I_2}$.

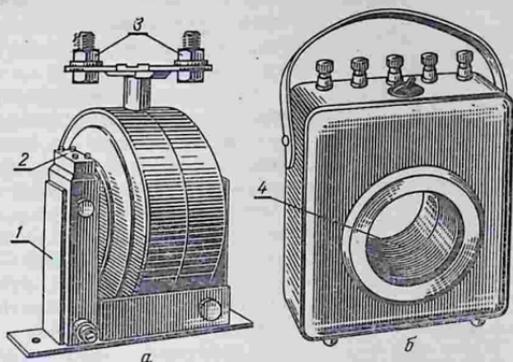


Рис. 32. Трансформаторы тока:

a — катушечный на 100/5 *a*; *б* — переносной; 1 — сердечник; 2 — вторичные зажимы; 3 — первичные зажимы; 4 — центральное отверстие магнитопровода

Измеряя амперметром ток, текущий во вторичной обмотке трансформатора тока, и зная коэффициент трансформации, легко найти ток, проходящий в первичной обмотке, то есть ток цепи: $I_1 = n I_2$.

Кроме расширения пределов измерения амперметров, трансформаторы тока предохраняют персонал от опасности высокого напряжения при измерении тока в высоковольтных цепях.

Трансформаторы тока изготовляют на различные значения первичного тока и напряжения. Вторичный ток в большинстве случаев бывает равным 5 *a* и реже 1 *a*. Коэффициент трансформации указывается на щитке трансформатора тока в виде отношения первичного тока ко вторичному, например 25/5 *a*, 100/5 *a*, 600/5 *a* и т. д.

На рисунке 32, *a* представлен стационарный катушечный трансформатор на 100/5 *a*, 380 *v*.

Переносные трансформаторы предназначаются для измерения в цепях одного напряжения (обычно до 500 *v*), но с различными номинальными токами и выполняются многопредельными.

На рисунке 32, *б* показан переносной трансформатор тока, предназначенный для лабораторных измерений переменных токов от 100 до 200 *a* в цепях с номинальным напряжением до 500 *v*.

Перед измерением первичную обмотку в виде определенного количества витков изолированного провода соответствующего сечения навивают на магнитопровод через центральное отверстие. На верхней части корпуса расположены четыре зажима вторичной обмотки, зажим для заземления корпуса и переключатель, закорачивающий вторичную обмотку.

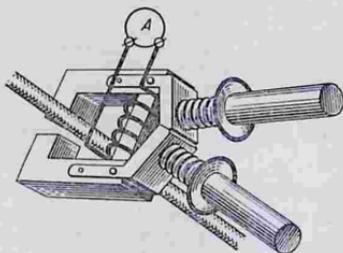


Рис. 33. Трансформатор тока в виде клещей.

Необходимо иметь в виду, что при прохождении по первичной обмотке тока на зажимах разомкнутой вторичной обмотки может появиться повышенное напряжение, представляющее опасность для жизни. Поэтому нельзя работать при разомкнутой вторичной обмотке трансформатора тока. Ее нужно замкнуть на измерительный прибор или накоротко переключателем.

Нередко требуется измерять ток в сетях до 10 кВ без разрыва цепи, например при определении пофазной нагрузки потребительских трансформаторов.

В этом случае используют трансформаторы тока, выполненные в виде токовых клещей (рис. 33).

Сердечник трансформатора разъемный (на шарнирах). Им охватывается провод, по которому протекает измеряемый ток. Этот провод превращается в один виток первичной обмотки. Зажимы вторичной обмотки выводятся к амперметру, укрепленному на верхней части клещей. Пределы измерения 0—25; 50; 100; 500 а. Переход с одного предела на другой осуществляется переключателем пределов. Ручки измерительных клещей выполнены из изоляционного материала. При пользовании измерительными клещами необходимо соблюдать правила техники безопасности: надевать диэлектрические боты и диэлектрические перчатки.

Измерение электрического напряжения. Если измеряемое напряжение не превышает допустимой величины для данного прибора, то вольтметр присоединяют к тем точкам сети, между которыми требуется измерить напряжение (рис. 34, а).

Фактически вольтметр измеряет силу тока, текущего по его обмотке, но так как по закону Ома напряжение на зажимах участка цепи равно произведению силы тока, текущего в цепи, на сопротивление участка цепи, то, умножая силу тока, измеренную прибором, на его полное сопротивление, находим электрическое напряжение между точками, параллельно которым включен вольтметр. Шкала вольтметра градуируется в вольтах.

Если измеряемое напряжение превышает допустимую предельную величину для данного вольтметра, то для расширения его пределов измерения применяют добавочные сопротивления (рис. 34, б) или трансформаторы напряжения (рис. 34, в).

Если измеряемое напряжение превышает допустимую предельную величину для данного вольтметра, то для расширения его пределов измерения применяют добавочные сопротивления (рис. 34, б) или трансформаторы напряжения (рис. 34, в).

У трансформаторов напряжения первичная обмотка с числом витков ω_1 и зажимами А, Х подключается параллельно участку цепи, напряжение на зажимах которого требуется измерить. Вторичная обмотка с числом витков ω_2 и зажимами а, х подключается к вольтметру.

Отношение напряжения на первичной обмотке трансформатора к напряжению на вторичной обмотке называется коэффициентом трансформации и обозначается символом n .

Измерив вольтметром напряжение на зажимах вторичной обмотки и зная величину n , легко найти напряжение, приложенное к зажимам первичной обмотки, то есть напряжение исследуемой цепи:

$$U_1 = nU_2.$$

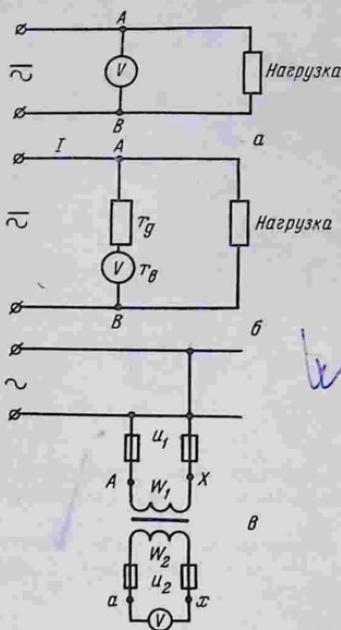


Рис. 34. Схемы для измерения напряжения:

а — непосредственное включение вольтметра в сеть; б — включение вольтметра с добавочным сопротивлением; в — включение вольтметра с трансформатором напряжения.

Измерительные трансформаторы напряжения, кроме расширения пределов измерения напряжений, предохраняют обслуживающий персонал от опасности высокого напряжения. Корпус трансформатора напряжения и вторичную обмотку заземляют.

Измерение электрической мощности. Для измерения электрической мощности применяются ваттметры. На рисунке 35 приведена схема включения катушек ваттметра электродинамической системы. Неподвижная токовая катушка выполняется из изолированного медного провода сравнительно большого сечения и включается последовательно в измеряемую цепь.

Подвижная катушка изготавливается из тонкого изолированного медного провода и включается вместе с добавочным сопротивлением r_d в измеряемую цепь параллельно.

По неподвижной катушке протекает ток, пропорциональный полному току цепи I (за вычетом весьма малого тока I_u , отходящего в параллельную катушку). По подвижной катушке проходит ток, пропорциональный напряжению на зажимах измеряемой цепи. Вращающий момент прибора пропорционален активной мощности. Ваттметром можно измерять мощность как постоянного, так и переменного тока. Шкала прибора градуируется в ваттах или киловаттах. Цена деления подобного прибора определяется как отношение произведения номинального тока I_n на номинальное напряжение U_n (для данных пределов измерения) к числу делений шкалы a :

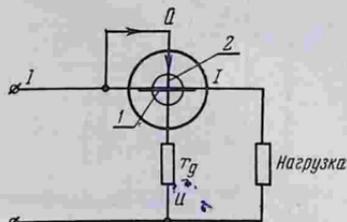


Рис. 35. Схема включения ваттметра для измерения мощности:

1 — последовательная (токовая) катушка;

2 — параллельная катушка (напряжений).

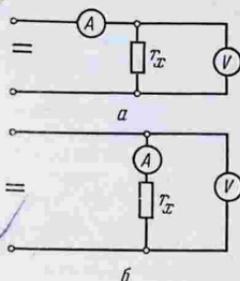


Рис. 36. Схемы для измерения сопротивлений методом амперметра и вольтметра: а — при измерении сопротивлений от 1 ом и меньше; б — для измерения сопротивлений до 100 тыс. ом.

Падение напряжения на измеряемом сопротивлении определяют вольтметром.

На рисунке 36, а приведена схема включения измерительных приборов, применяемая при измерении малых сопротивлений (от 1 ом и менее). В этой схеме амперметр измеряет ток, протекающий через измеряемое сопротивление r_x и через вольтметр. Но так как сопротивление вольтметра в несколько сот (а иногда и тысяч) раз больше величины измеряемого сопротивления, то суммарный ток, измеряемый амперметром, весьма мало отличается от тока, протекающего по измеряемому сопротивлению. Величину сопротивления с некоторой погрешностью находят, используя показания приборов, по следующей формуле:

$$C_I = \frac{U_n I_n}{a} \text{ вт/дел.}$$

Например, ваттметр имеет зажимы для присоединения параллельной обмотки на номинальное напряжение 150 и 300 в и для включения последовательной обмотки в цепь с номинальными токами 5 и 10 а. Шкала содержит 150 делений. При включении прибора на 150 в и 5 а цена деления составит:

$$C_I = \frac{150 \times 5}{150} = 5 \text{ вт/дел.}$$

Измерение электрического сопротивления. Электрические сопротивления от 0,1 до 100 000 ом измеряют методом амперметра и вольтметра. К зажимам источника постоянного тока подключают измеряемое сопротивление. По сопротивлению пропускают электрический ток, измеряемый амперметром.

$$r_x = \frac{U}{I} \text{ ом.}$$

Для измерения электрических сопротивлений от 1 и до 100 000 ом применяется схема включения измерительных приборов, приведенная на рисунке 36, б. Вольтметр показывает суммарное падение напряжения в измеряемом сопротивлении и в амперметре. Но так как внутреннее сопротивление

амперметра обычно в сотни раз меньше величины измеряемого сопротивления, то ошибка в определении падения напряжения на сопротивлении r_x невелика. Величина сопротивления r_x находится приблизительно по той же формуле.

Для измерения сопротивления изоляции электрических двигателей, трансформаторов и различных электрических аппаратов используются приборы, называемые мегомметрами.

Мегомметры представляют собой переносные электроизмерительные приборы маг-

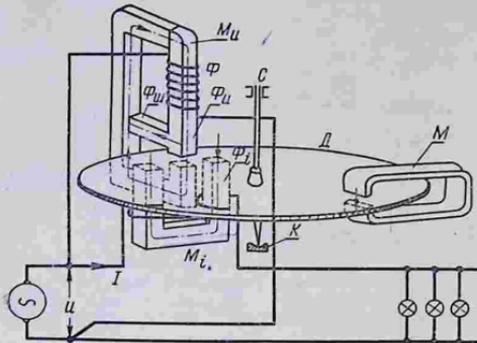


Рис. 37. Схема однофазного счетчика электроэнергии индукционной системы.

нитоэлектрической системы, снабженные встроенным источником питания — генератором постоянного тока, приводимым в действие вращением специальной рукоятки. Мегомметры выпускаются на номинальное рабочее напряжение от 100 до 2500 в.

Показания мегомметров мало зависят от колебания напряжения и изменяются всего на $\pm 1\%$ длины шкалы при изменении вращения ручки генератора от 90 до 150 об/мин.

Измерение изоляции мегомметром выполняют следующим образом: отключают испытуемый объект от источника напряжения, соединяют зажим

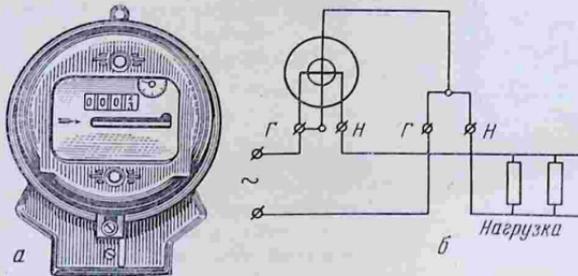


Рис. 38. Однофазный счетчик активной энергии типа SO: а — общий вид; б — схема включения в сеть

мегомметра L с токоведущей частью, а зажим Z с корпусом испытуемого объекта или с заземленными конструкциями и, вращая ручку мегомметра со скоростью 90—120 об/мин, отсчитывают показания прибора.

Измерение электрической энергии. Электрическая энергия переменного тока измеряется счетчиками индукционной системы. Для измерения электроэнергии в однофазных цепях применяются однофазные, в трехфазных цепях без нулевого провода — трехфазные трехпроводные и в трехфазных цепях с нулевым проводом — трехфазные четырехпроводные счетчики или три однофазных счетчика.

По принципу действия однофазные и трехфазные счетчики одинаковы.

На рисунке 37 представлена схема однофазного счетчика индукционной системы. Алюминиевый диск D укреплен на оси, опирающейся на подшипник C . Диск входит в воздушный зазор электромагнита M_u , который состоит из магнитопровода, набранного из листов электротехнической стали, и катушки, содержащей большое число витков из тонкой изолированной медной проволоки. П-образный электромагнит M_i с магнитопроводом, также набранным из стальных листов с двумя последовательно соединенными катушками, расположен под алюминиевым диском. Катушка электромагнита M_u , называемая параллельной, включается параллельно нагрузке, в которой измеряется потребление электроэнергии. Обмотка электромагнита M_i , называемая последовательной, содержит небольшое число витков сравнительно толстой медной изолированной проволоки и включается в цепь последовательно с нагрузкой.

При наличии электрического напряжения U по параллельной обмотке протекает ток, создающий магнитный поток Φ , который разветвляется на два потока: Φ_u — проходящий по магнитному шунту и Φ_i — пересекающий алюминиевый диск. Ток нагрузки I проходит по последовательной обмотке и создает магнитный поток Φ_i , дважды пересекающий алюминиевый диск.

Синусоидально изменяющийся магнитный поток Φ_u наводит в диске вихревые токи I_u , которые взаимодействуют с магнитными потоками Φ_i и создают вращающий момент, приложенный к диску.

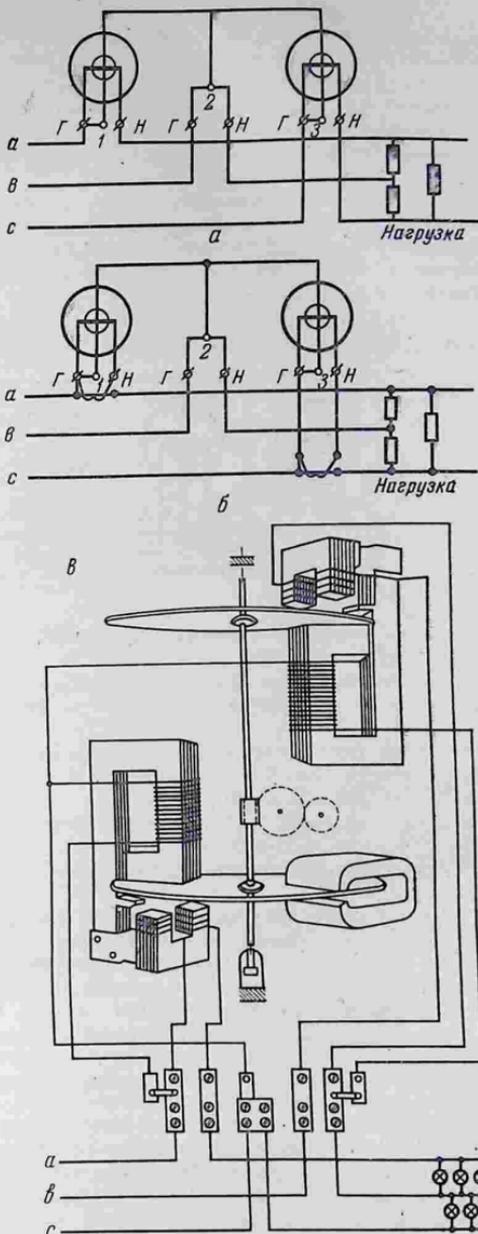


Рис. 39. Схема измерения активной энергии в трехфазной трехпроводной сети двумя однофазными счетчиками:

a — непосредственное включение счетчика в сеть; b — включение через измерительные трансформаторы тока; $в$ — схематическое устройство трехфазного счетчика активной энергии типа ИТ; Г — зажимы, в которых присоединяются провода от генератора (от сети); Н — зажимы, присоединяемые к нагрузке.

Таким образом, под действием синусоидально изменяющихся магнитных потоков Φ_2 и Φ_1 появляются два вращающихся момента, приложенных к диску. Под действием результирующего вращающегося момента диск счетчика приходит во вращение. Для создания тормозного момента используется постоянный магнит M . При вращении диска в воздушном зазоре магнита в диске наводятся вихревые токи, которые, взаимодействуя с полем магнита, создают тормозной момент.

Скорость вращения диска прямо пропорциональна активной мощности нагрузки, а число его оборотов — активной энергии, потребляемой нагрузкой. Обычно на щитке счетчика указывается постоянное число, равное числу оборотов диска, приходящемуся на единицу энергии, например: «400 оборотов диска = 1 квт·ч».

Число оборотов диска фиксируется счетным механизмом, приводимым в действие от червячной передачи, закрепленной на оси диска.

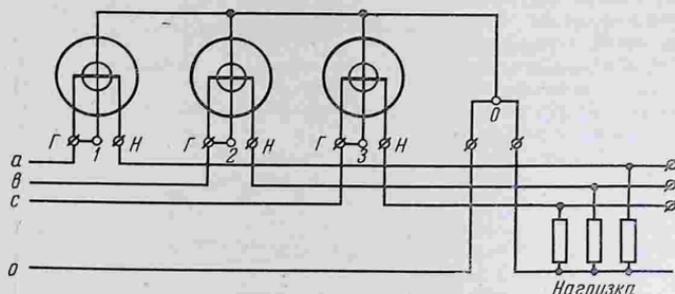


Рис. 40. Схема измерения активной энергии в трехфазной сети тремя однофазными счетчиками.

На рисунке 38 представлен однофазный счетчик активной энергии типа СО. Счетчики типа СО рассчитаны для непосредственного включения в сеть с напряжением 127 и 220 в и токами 5 и 10 а. Класс точности 2,5. Показание счетного механизма дано в киловатт-часах. Для определения малого потребления электроэнергии (в *вт·ч*), которое требуется при проверке счетчиков, служит указатель оборотов диска, расположенный в верхнем правом углу окошка прибора.

Потребление энергии трехфазной сетью без нулевого провода можно измерять двумя однофазными счетчиками, включенными по схеме двух ваттметров (рис. 39, а, б). При $\cos \varphi$ нагрузки, большем 0,5, диски счетчиков вращаются в нормальном направлении и показания счетчиков складываются. Если за время t показания одного счетчика изменились на a_1 и показания другого на a_2 квт·ч, то потребление активной энергии трехфазной сетью составляет:

$$A = a_1 + a_2 \text{ квт·ч.}$$

Если $\cos \varphi$ нагрузки равен 0,5, то диск одного из счетчиков останавливается. При $\cos \varphi$ нагрузки, меньшем 0,5, диск одного из счетчиков вращается нормально, а диск второго в обратном направлении; показания второго счетчика убывают. Например, показания первого счетчика возросли на a_1 , а второго уменьшились на a_2 , тогда расход энергии трехфазной сетью составит:

$$A = a_1 - a_2 \text{ квт·ч.}$$

На рисунке 39, в схематически представлено устройство трехфазного счетчика типа ИТ, предназначенного для учета активной электрической энергии в трехфазных цепях. Счетный механизм счетчика на схеме не показан.

Энергию в трехфазной четырехпроводной цепи измеряют тремя однофазными счетчиками, включенными по схеме, представленной на рисунке 40.

При подсчете расхода электроэнергии показания всех трех счетчиков складывают.

В соответствии с ГОСТ 6570—53 индукционные счетчики должны выдерживать без повреждений в течение 0,5 сек 30-кратную перегрузку по току при номинальном напряжении. В течение 30 мин счетчики могут работать с перегрузкой по току, доходящей до трехкратного значения номинальной величины.

15. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Прибор для определения степени вымерзания озимых хлебов. Азербайджанским индустриальным институтом разработан электрический прибор для определения состояния растений озимой ржи и пшеницы зимой и ранней весной.

Чтобы без прибора определить степень вымерзания озимых хлебов, из замерзшей почвы вырубает монолит с растениями и создают условия для отрастания уцелевших растений. Электрический прибор РВР-58 позволяет непосредственно в полевых условиях путем определения величины электрического сопротивления внутри клеток растений быстро определить, сохранились они или погибли — вымерзли. Состояние растений оценивают непосредственно по шкале прибора. Прибор питается электроэнергией от двух батареек КБСЛ-0,5. Габаритные размеры его $270 \times 190 \times 100$ мм. Вес с батареями 2,8 кг.

Способ использования прибора следующий. Два острых иглообразных электрода смонтированы вместе в виде вилки. Электроды вилки втыкают в растение и по шкале прибора замеряют электрическое сопротивление внутри растения. По величине сопротивления определяют, живые растения или нет. Проведав несколько десятков замеров, можно подсчитать процент выживших растений. Такой контроль за состоянием озимых имеет исключительное значение, особенно зимой и в начале весны, когда внешних признаков гибели озимых совершенно нет.

Прибор для определения жизнеспособности семян. Для определения жизнеспособности семян создан прибор, в котором используется свойство семян светиться разным цветом в зависимости от их жизнеспособности при облучении их ультрафиолетовыми лучами. Облучению определенной длиной волны подвергают срезы зародышей семян кукурузы, льна, хлопка и других культур и по характеру свечения судят об их жизнеспособности.

Для определения жизнеспособности семян обычным методом — путем их проращивания — требуется не менее семи дней, люминесцентным же методом жизнеспособность семян, в частности кукурузы, определяется за 2—3 часа. Основной частью прибора является настольный ультрафиолетовый осветитель марки КП-1Н (рис. 41).

Для семян пшеницы и ячменя при определении их жизнеспособности применяют специальные флуоресцирующие красители.

Длина волны ультрафиолетового излучения 0,365 микрона. Источником ультрафиолетового излучения служит ртутно-кварцевая лампа СВД-120А. Прибор питается от сети переменного тока напряжением 127 в, потребляемая сила тока 1,5 а. Вес осветителя 2,5 кг. Его размеры $250 \times 250 \times 400$ мм.

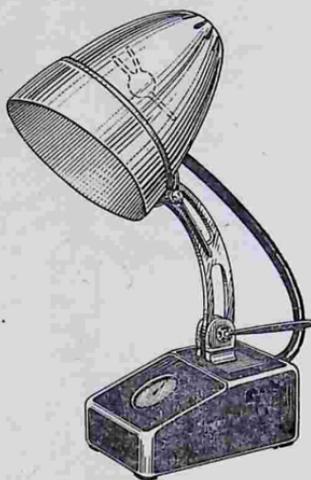


Рис. 41. Ультрафиолетовый осветитель марки КП-1Н.

Тот же метод люминесцентного освещения применяется при определении засоренности семян сопутствующими примесями (например, гороха пелюшкой). При этом при облучении ультрафиолетовыми лучами горох светится голубовато-желтым, а пелюшка коричневым цветом. Таким же методом можно отличить ширей бескорневищный от ширей ползучего и т. д.

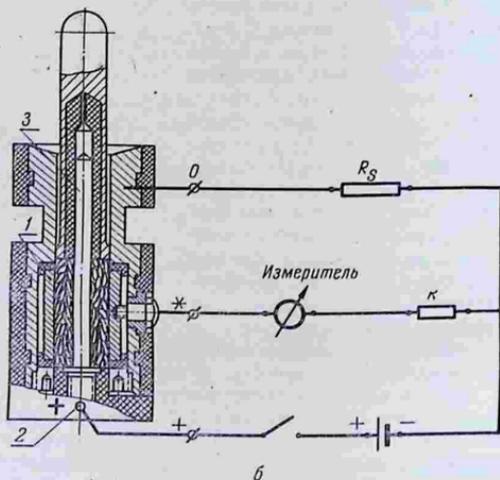
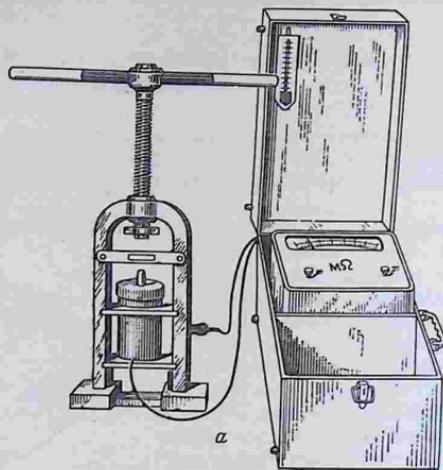


Рис. 42. Электрический влагомер зерна ВЭ-2:
а — общий вид; б — схема измерения.

Электровлагомер ВЭ-2 предназначен для экспрессного определения влажности зерна до 18% при всех операциях, а от 18 до 30% в технологических целях при сушке и хранении зерна.

Влажность определяют электрометрическим методом по электропроводности зерна в запрессованном состоянии. Электрическое сопротивление запрессованного образца измеряют магнитоэлектрическим омметром, показания которого переводят в проценты влажности по переводным таблицам.

Для определения влажности берут навеску зерна пшеницы, ячменя, ржи или проса по 8,0 г, которую запрессовывают в электродном устройстве, где она приобретает форму цилиндра высотой 35 мм, с внутренним диаметром 6 мм и наружным 16 мм.

Стакан электродного устройства защищен тепловой изоляцией от нагревания его руками лаборанта. Для запрессовки зерна до одинаковой плотности пресс снабжен визирным приспособлением.

Влагомер рассчитан на питание от источника постоянного тока номинальным напряжением 80 в (батарея БАС-7-80-Л).

Влагомер ВЭ-2 состоит из электродного устройства, где помещается образец, ручного винтового пресса, которым образец сжимается в электродном устройстве, и измерительного прибора для определения электрического сопротивления спрессованного образца.

Электродное устройство состоит из стакана 1, центрального электрода с контактным штырьком 2 и пуансоном 3 (рис. 42).

В станине пресса смонтированы два контактных гнезда для соединения электродного устройства с прибором.

Сопроизвление зерна измеряют на постоянном токе в средней по высоте части спрессованного брикета. Таким образом, исключается влияние торцовых частей брикета.

Для измерения сырого и влажного зерна используется напряжение в пределах 25—32 в.

При переходе с положения «сырое» на «влажное» чувствительность измерителя увеличивается в 10 раз.

При измерении влажности сухого зерна используется напряжение в пределах 75—90 в при максимальной чувствительности измерителя. При влажности до 18% точность измерения 0,5%, а при влажности до 30% $\pm 1\%$.

Размеры прибора 290 × 250 × 210 мм. Вес комплекта 15 кг.

На принципе всасывания зерна при разрежении воздуха в зернопроводе, создаваемом вентилятором типа электропылесоса, созданы пневматические пробоотборники зерна ПДШ-1, ППД-1, позволяющие быстро отбирать пробы зерна для анализа из насыпи или из кузова автомашины с поверхности и до глубины 0,8 м. Шланг со щупом позволяет маневрировать в пределах 20 м.

В пневматическом пробоотборнике ПДШ-1 (рис. 43) вентилятор соединен с электродвигателем мощностью 0,27 *квт*, напряжением 220 в. Они смонтированы в крышке прибора.

Между вентилятором и зерноуловителем установлен фильтр из бязи.

Зерноуловитель является корпусом прибора с конической воронкой внутри, в конусе которой имеется круглое отверстие, прикрываемое уравновешенным клапаном с резиновой уплотняющей прокладкой, и смотровое окно.

Внутри корпуса на его основании устанавливается ковш, в который поступает проба зерна.

Сопло состоит из двух трубок (наружной и внутренней); конец внутренней трубки отстоит от конца наружной на расстоянии 15 мм. В зазор между трубками поступает воздух, который обеспечивает взятие пробы со дна кузова автомашины.

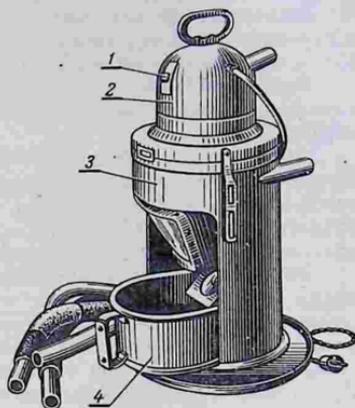


Рис. 43. Электропневматический отборник проб зерна ПДШ-1:
1 — выключатель; 2 — вентилятор с электродвигателем; 3 — зерноуловитель; 4 — ковш.

Зернопровод состоит из дюралевых труб и соединяется с зерноуловителем и соплом гибкими шлангами.

Пневмопробоотборник работает следующим образом. При включении в сеть электродвигатель приводит в действие вентилятор, вращение которого создает разрежение воздуха внутри конической воронки, вследствие чего зерно начинает втягиваться через сопло и гибкие шланги с удлинительными трубками.

Погружая сопло в зерно, берут образец зерна из автомобиля в пяти точках (посредине и по четырем углам).

Зерновую массу отбирают равномерно по всей высоте насыпи, в том числе берут примеси (песок, землю, гальку и др.), осевшие на пол кузова во время перевозки.

Электрический влагомер типа ТЭВ-1 служит для быстрого (3—5 мин) измерения влажности хлопковолокна и хлопка-сырца в диапазоне от 5 до 13% в полевых условиях с погрешностью $\pm 1\%$.

Влагомер работает по принципу измерения емкости специального датчика-конденсатора, между обкладками которого помещается исследуемый образец.

При загрузке образца в датчик емкость контура увеличивается, что вызывает отклонение стрелки микроамперметра. Изменение емкости переменного конденсатора, необходимое для приведения стрелки амперметра к нулю, является мерой приращения емкости датчика, а следовательно, и мерой влажности образца. Потребляемая прибором мощность 19 *вт*.

Электронный влагомер табака типа ПВТК-2 предназначен для определения влажности нарезанных и листовых табаков всех сортов. Влагомер работает по принципу измерения диэлектрической проницаемости табака, меняющейся в зависимости от влажности. Пределы измерения влажности табака от 9 до 25% при точности $\pm 0,3\%$. Вес навески табака $10 \pm 0,1$ г. Время для определения влажности около 2 мин. Прибор питается от сети напряжения 127 или 220 в. Потребляемая мощность 40 *вт*. Вес прибора 8 кг.

Аналогично этому создан прибор ПВЧК-2 для определения влажности чая.

Полупроводниковый 25-точечный термосигнализатор ЭТС-25 Агрофизического института предназначен для дистанционного контроля температуры зерна, овощей, силоса, продуктов в складе и т. д.

Температуру можно измерять на расстоянии нескольких сот метров. Термосигнализатор рассчитан на контроль температуры в пяти объектах по пять точек в каждом.

В термосигнализаторе ЭТС-25 использованы в качестве датчика температуры полупроводниковые сопротивления, а в качестве бесконтактного сигнального реле — фотосопротивления.

В приборе применена специальная шагово-искательная система, обеспечивающая автоматический поочередный «опрос» о величине температуры в каждой точке измерения. Точность измерений температуры термосигнализатором $\pm 0,5^\circ$. В момент перегрева в той или иной точке измерений начинает работать световая и звуковая сигнализация, а на шкале фиксируется точка измерения, в которой произошел перегрев.

Полупроводниковый зерновой термометр ЭТЗ-1 позволяет в течение 4—6 мин определить температуру зерна в насыпи высотой до 3 м. Вес прибора 4 кг. Диапазон измеряемой температуры от -5 до $+70^\circ$, погрешность $\pm 0,5^\circ$. В качестве датчика использовано полупроводниковое сопротивление. Питание прибора от электробатарей карманного фонаря.

Агрофизический институт создал также почвенный точечный электро-термометр ПТЭТ-56 (рис. 44) для дистанционного измерения температуры почвы в пределах от -10 до $+40^\circ$ С с погрешностью не более 1%.

В комплект установки входят десять точечных электротермометров и измерительный неравновесный мост со стрелочным микроамперметром магнитоэлектрической системы.

Точный электротермометр представляет собой полупроводниковый термометр сопротивления, смонтированный на конце резиновой трубки.

Термосопротивления обладают высоким температурным коэффициентом (около 3% на 1° С) и сравнительно большим внутренним сопротивлением

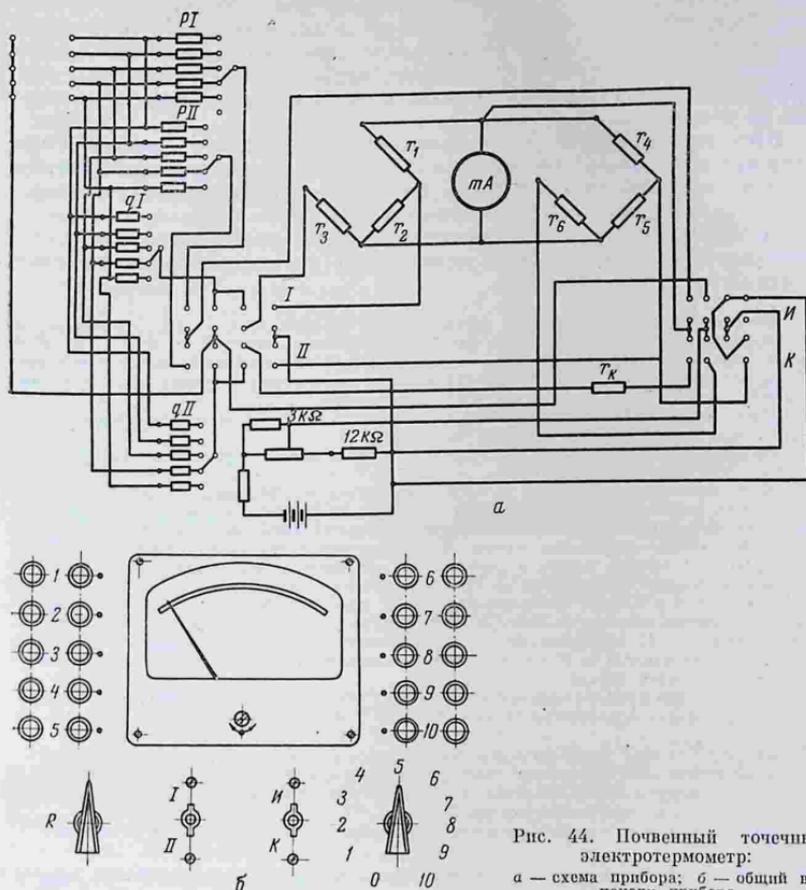


Рис. 44. Почвенный точный электротермометр:
а — схема прибора; б — общий вид панели прибора.

(3000—4000 ом). Эти свойства термосопротивлений позволяют осуществлять дистанционные измерения температуры с высокой степенью точности.

Измерительная часть прибора построена по схеме, неравновесного моста.

Схема позволяет в лаборатории и в полевых условиях быстро отсчитывать показания микроамперметра, шкала которого нанесена непосредственно в градусах.

Для увеличения точности диапазон измеряемых температур разбит на два интервала, каждому из которых соответствует полная шкала микроамперметра.

Это достигается тем, что схема состоит из двух неравновесных мостов, составленных соответственно из сопротивлений $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6$. Четвертым плечом в обоих случаях служит измеряемое сопротивление — термосопротивление.

Интервалы температур переключают ключом *I — II*. Источник питания — батарея сухих элементов типа КБС-0,5.

В процессе измерений к мосту необходимо подавать постоянное по величине напряжение. Для регулирования напряжения в схеме предусмотрен реостат *г*, ручка которого расположена на панели прибора.

Напряжение регулируют в тот момент, когда ключом *II — К* в плечо моста включается постоянное сопротивление (положение *К*). Значение этого сопротивления подобрано таким образом, чтобы при его включении и правильно отрегулированном напряжении стрелка микроамперметра отклонялась до красной черты в конце его шкалы.

Выгравированные на штепсельных вилках электротермометров белые точки при подключении термометров к мосту должны совмещаться с белыми точками, нанесенными возле гнезд. Нумерация термометра, выгравированная на вилках, должна соответствовать нумерации гнезд.

Десятипозиционный переключатель, расположенный на панели моста, предназначен для поочередного подключения к мосту термосопротивлений точечных электротермометров.

Точечные электротермометры устанавливают следующим образом. В почве бурят скважину на нужную глубину, в которой устанавливают электротермометр. Для обеспечения надежного теплового контакта между поверхностью электротермометра и почвой желательно, чтобы от установки термометра до начала измерений прошел период времени, достаточный для естественной осадки почвы.

Измерительный неравновесный мост помещают на жестком горизонтальном основании, защищенном от атмосферных осадков.

Расстояние между измерительным агрегатом и электротермометром определяется длиной соединительных проводов.

Для измерений вставляют штепсельные вилки от точечных электротермометров в соответствующие по нумерации гнезда на панели измерительного моста, соблюдая маркировку и убеждаются в том, что ключи моста находятся в нейтральном положении. Затем проверяют нулевое положение стрелки микроамперметра и устанавливают ключ *II — К* в позицию *К*, а ручкой реостата регулируют напряжение, питающее мост, таким образом, чтобы стрелка отклонилась до красной черты в конце шкалы.

Установив рукоятку десятипозиционного переключателя в положение, соответствующее номеру электротермометра, которым предполагается измерять температуру, ставят ключ *I — II* в положение, соответствующее наружному интервалу температур.

Переводят ключ *II — К* в положение *II* и отсчитывают показания микроамперметра по соответствующей шкале.

Если стрелка прибора при включении будет уходить вправо за шкалу в диапазоне *I* или влево за шкалу в диапазоне *II*, то это значит, что диапазон измерений выбран неправильно.

Следует при этом переменить положение ключа *I — II* на обратное.

Если необходимо определить температуру остальных термосопротивлений, следует повернуть рукоятку переключателя на соответствующий номер термосопротивления и сделать отсчет по микроамперметру.

По окончании измерений поставить ключ прибора в нейтральное положение.

Прибор для осредненного измерения температуры поверхности почвы, созданный Агрофизическим институтом, состоит из 16 датчиков — термопар, имеющих общий холодный спай в виде алюминиевого диска, заключенного в цилиндрическую коробку.

Измерительным устройством является микроамперметр. При измерении алюминиевый диск — холодный спай — устанавливают на подставке, а термопары, размещают на поверхности почвы по радиусам окружности площадью 1 м². Источником питания служит батарея КБСП-0,5 от карманного фонаря напряжением 4,5 в. Предел измерений от —5 до +55°. Степень точности ±0,5°. Вес датчика 1,5 кг, измерительного устройства 3,5 кг.

Электрический прибор ВНИИГиМ с гипсовым датчиком для определения влажности почвы может применяться в пределах от мертвого запаса воды до предельной полевой влагоемкости. Действие прибора основано на изменении электрического сопротивления закладываемых в почву гипсовых датчиков с заключенными внутри электродами. Сопротивление датчика изменяется в пределах от 15 тыс. до 300 ом. Величина сопротивления измеряется переносным омметром. Погрешность прибора ±5—7% от замеренной влаж-

ности. Прибор применим для определения влажности всех почв, кроме засоленных, солонцеватых, песчаных и торфяных.

Телеизмеритель уровня воды создан во ВНИИГиМ для дистанционного измерения уровней в оросительных каналах, водоемах и т. п. Прибор состоит из передающего комплекта, размещаемого в пункте измерения, и приемного полукомплекта, находящегося на диспетчерском пункте. Прибор работает по принципу частотных систем телеизмерения переменного тока. Схема прибора выполнена на полупроводниковых триодах. Вес передающего полукомплекта вместе с источником питания 5,5 кг, вес приемного 2,5 кг. Дальность действия аппаратуры по стальным цепям 30 км. Пределы измерения уровня воды 0—75, 0—150 и 0—300 см.

Люксметр применяется для измерения освещенности растений в парниках и теплицах.

Основан на использовании датчика освещенности в виде селенового фотоэлемента, который имеет три сменных фильтра, соответствующих трем диапазонам измерений (рис. 45).

Используемый в люксметре селеновый фотоэлемент К-20 имеет площадь светочувствительного слоя 20 см². В качестве измерительного прибора используется стрелочный микроамперметр магнитоэлектрической системы. Шкала прибора градуирована непосредственно в единицах освещенности — люксах.

Пределы измерения освещенности с помощью светофильтров находятся от 50 до 250 000 люксов. Точность измерения $\pm 10\%$. Вес прибора 2 кг.

Электронный флуорометр ЭФ-3 предназначен для количественного определения витаминов B_1 и B_2 в картофеле, моркови, в листьях растений, молоке, а также других флуоресцирующих веществ в растворах при биологических исследованиях. Имеет большой набор флуоресцирующих фильтров. Интенсивность флуоресценции измеряется двумя фотоэлементами, сигнал от которых поступает на микроамперметр. Прибор позволяет при люминесцентном и флуоресцентном анализе получать объективную оценку. Точность измерения $\pm 1\%$. Питание прибора от сети напряжением 127 или 220 в. Вес прибора 19 кг.

Фотоинтегратор ФП-1 предназначен для измерения облучения и интенсивности света в полевых условиях. Прибор измеряет физиологическую радиацию в течение суток с помощью фотоэлемента и интегрирующей схемы.

Уфиметр предназначается для измерения ультрафиолетового облучения. В приборе используется фотоэлемент с светофильтром и имеется интегрирующая схема с механическим счетчиком. Прибор необходим для правильного дозирования облучения животных и птицы на колхозных и совхозных формах.

Институтом птицеводства разработан и изготовлен прибор для измерения температуры в яйце в процессе инкубации. Прибор представляет собой электротермометр с двумя шкалами от 16 до 29° и от 29 до 40°. Точность измерения 0,2° С. Точечный датчик прибора вводится в инкубируемое яйцо и остается в нем на время опыта. Через необходимое время замеряют температуру в яйце.

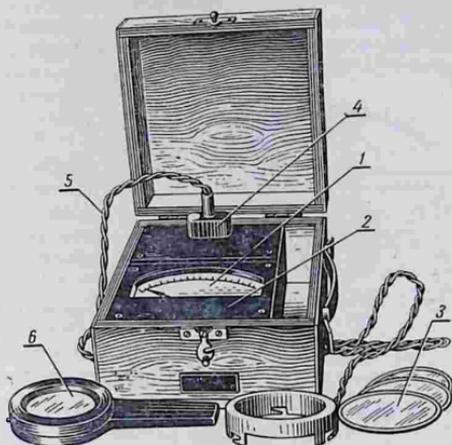


Рис. 45. Объективный люксметр для измерения освещенности:

1 — микроамперметр; 2 — корректор; 3 — фотоэлемент; 4 — вилка; 5 — провод; 6 — ступенчатый светофильтр.

Аппаратом АРС-1 с помощью рентгеновских лучей можно определить зараженность вредителями семян различных сельскохозяйственных культур.

Рассмотренные электроизмерительные приборы сельскохозяйственного назначения представляют собой примеры использования электрических методов измерений неэлектрических величин.

16. ДАТЧИКИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

В рассмотренных приборах основными их частями являются измерительное устройство и датчики, которые позволяют проследить изменения неэлектрической величины (например, влажности) путем измерения электрической величины, например диэлектрической проницаемости.

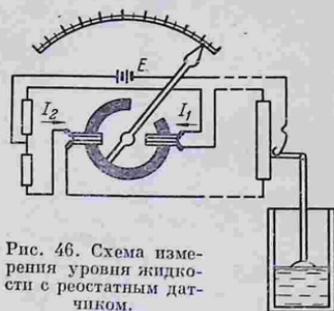


Рис. 46. Схема измерения уровня жидкости с реостатным датчиком.

Датчики характеризуются разрешающей способностью, под которой понимаются пределы измерения неэлектрической величины при условии, что погрешность, вносимая датчиком, может считаться допустимой.

Не менее важной характеристикой датчика является его чувствительность, то есть отношение изменения электрической величины к соответствующему изменению неэлектрической величины.

Датчики работают на разных принципах. На рисунке 46 приведена схема датчика, в котором изменение уровня

жидкости в резервуаре (неэлектрической величины) вызывает изменение сопротивления (электрической величины) в цепи двух катушек.

Изменение уровня жидкости вызывает передвижение ползунка реостата, а это, в свою очередь, изменяет соотношение сопротивлений, включенных в цепь двух катушек. В итоге стрелка прибора показывает разные величины в зависимости от уровня жидкости и шкала прибора может быть проградуирована или в единицах высоты уровня жидкости, или в единицах объема, характеризующих запас жидкости в резервуаре.

На том же принципе изменения сопротивления работают датчики, называемые тензотрами (рис. 47), которые служат для измерения различных деформаций в конструкциях. Тензометры изготавливают из нихромовой или константановой проволоки диаметром 20—30 мк. Проволочный тензометр помещают между двумя листочками тонкой бумаги и в таком виде приклеивают к той детали, деформацию которой надо измерить.

Сопротивление тензометра меняется вследствие изменения размеров (длины, площади сечения), а также структуры материала. Тензометры обладают высокой чувствительностью, малым температурным коэффициентом и большим удельным сопротивлением.

Для измерения больших углов поворота применяется датчик сопротивления с кольцевой трубкой (рис. 48). В стеклянной запаянной трубке, наполовину заполненной ртутью, имеется тонкая проволока. В зависимости от угла поворота кольца большая или меньшая часть проволоки находится в ртути, а это приводит к значительному изменению ее сопротивления, измеряемому электрическим прибором.

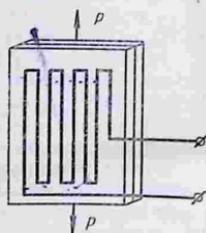


Рис. 47. Схема проволочного тензометра для измерения деформаций.

Для измерения небольших изменений толщины или поверхности применяются емкостные датчики (рис. 49). Датчиком, показанным на рисунке 49, а, можно измерить все изменения в толщине ленты. Лента, перемещаясь между обкладками конденсатора, изменяет емкость конденсатора. Это изменение емкости измеряется электрическим прибором, шкала которого может быть проградуирована в величинах, характеризующих толщину ленты.

В емкостном датчике (рис. 49, б) контактный палец K , перемещаясь по поверхности (плоской, шарообразной), вызывает изменение емкости

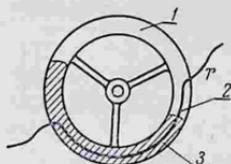


Рис. 48. Схема реостатного датчика с кольцевой трубкой для измерения углов:

1 — стеклянная трубка; 2 — проволочное сопротивление; 3 — ртуть.

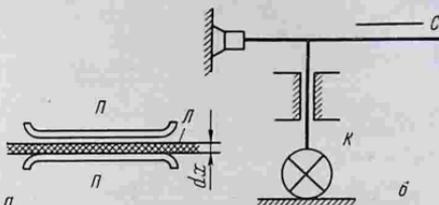


Рис. 49. Схемы емкостных датчиков:

а — для измерения изменений толщины ленты; б — для измерения изменений поверхности; П — пластины конденсатора; Л — измеряемая толщина ленты; К — контактный палец; С — воздушный конденсатор.

воздушного конденсатора C . Таким образом, может быть выполнено устройство по определению качества обработки поверхности, или определению небольших перемещений (принцип микрометра).

В емкостных датчиках, в зависимости от конкретной задачи, могут быть использованы различные параметры, от которых зависит емкость конденса-

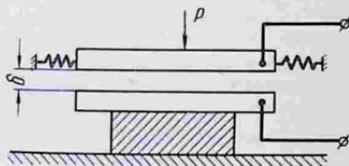


Рис. 50. Схема емкостного датчика для измерения силы или давления P .

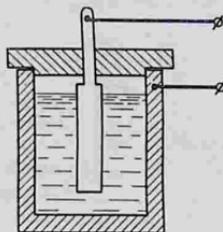


Рис. 51. Схема емкостного датчика для измерения влажности зерна.

тора, а именно: площадь обкладок, расстояние между ними, их форма, а также размер диэлектрика и его диэлектрическая проницаемость.

На рисунке 50 показан емкостный датчик, работающий как динамометр или манометр. Изменение зазора b между двумя пластинками конденсатора позволяет по изменяющейся емкости измерить силу или давление P .

Часто емкостные датчики используются при устройстве влагомеров. На рисунке 51 показана схема влагомера зерна в виде цилиндрического конденсатора. Испытуемый материал (зерно, волокно, пряжа и т. д.) заполняет до определенного уровня стакан, представляющий собой внешнюю обкладку конденсатора. Внутри стакана имеется внутренний электрод конденсатора в виде стержня. Так как диэлектрическая проницаемость воды ($\epsilon = 80$) значительно больше проницаемости других веществ, то содержание влаги в испытуемом материале резко влияет на величину емкости датчика. Но обычно

емкостные датчики имеют небольшую емкость при частоте 50 *гц*, а следовательно, большое емкостное сопротивление. В силу этого обычно измерения в цепях с емкостными датчиками производят на повышенных частотах.

Иногда при использовании датчиков изменение электрической величины (сопротивления, емкости, индуктивности и т. д.) бывает весьма незначительным, например при использовании тензометров. В этих случаях применяют

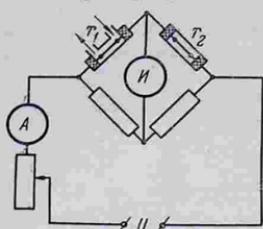


Рис. 52. Схема газоанализатора CO_2 .

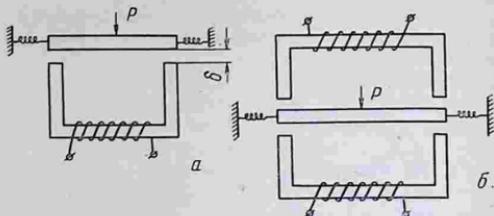


Рис. 53. Схемы индуктивных датчиков: а — простого; б — дифференциального.

усилительные устройства, используя электронные лампы. Только в простейших схемах электрическая величина измеряется непосредственно на выходе датчика.

Зависимость сопротивления провода от температуры используется для измерения таких неэлектрических величин, как скорость движения воздуха, его плотность, газовый состав и т. д.

Такой датчик в виде провода, в котором измеряется меняющееся сопротивление, называется термосопротивлением, или термистером.

Термосопротивления применяют при устройстве газоанализаторов, а также термометров при измерении температуры до 500°C . Термосопротивления в термометрах сопротивления изготавливают из платины, никеля и меди.

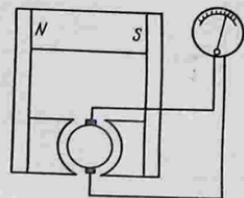


Рис. 54. Схема индукционного датчика-генератора.

На рисунке 52 приведена схема газоанализатора углекислого газа CO_2 , в котором имеются два одинаковых термосопротивления r_1 и r_2 . Сопротивление r_1 размещается в камере, где проходит испытуемая газовая смесь, а r_2 находится в закрытой камере с воздухом. Термосопротивления включены в два смежных плеча измерительного моста. Шкала измерительного прибора градуируется в процентах содержания CO_2 .

На рисунке 53 приведены схемы простого и дифференциального индуктивных датчиков. Перемещение якоря под действием давления или линейного смещения ведет к изменению зазора δ , а следовательно, к изменению индуктивности катушки электромагнита. В дифференциальном индуктивном датчике перемещение якоря вызывает увеличение индуктивности одной катушки и уменьшение другой, что ведет к повышению чувствительности датчика.

На рисунке 54 показана схема индукционного датчика, в котором неэлектрическая величина измеряется с помощью индуктированной э. д. с. Обычно такие датчики носят название тахогенераторов и используются для измерения скорости вращения, линейных или угловых перемещений. В индукционном датчике, представляющем собой небольшой генератор, напряжение на зажимах изменяется пропорционально измеряемой скорости вращения вала испытуемой машины. Эти изменения напряжения замеряются вольтметром, шкала которого может быть проградуирована в единицах скорости вращения.

В пьезоэлектрических датчиках используется э. д. с., появляющаяся в некоторых кристаллах (например, в кварце) под действием механической силы давления. Соответственно в фотоэлектрических датчиках используется э. д. с., возникающая в некоторых веществах (например, в селене) под воздействием светового потока, зависящего от измеряемой неэлектрической величины (прозрачности, мутности среды и т. д.).

Принцип действия термоэлектрических датчиков основан на термоэлектрическом эффекте, то есть в зависимости от измеряемой температуры в цепи датчика возникает термо-э. д. с. Термоэлектрический датчик и термopара изготавлиются из следующих пар металлов: медь — константан для измерения температуры до 300°C ; медь — копель до 600°C ; хромель — копель до 800°C ; хромель — алюминий до 1300°C и платина — платинородий до 1600°C .

При нагревании рабочего конца термopары по измерительному прибору проходит ток, по величине которого судят о величине измеряемой температуры.

17. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ, ИОННЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Основой современной автоматики является электроника. Так называется наука, рассматривающая принципы действия, устройство и технику применения таких приборов, которые основаны на прохождении тока в вакууме (электронные приборы), в разреженных газах (ионные приборы) и в электронных полупроводниках (полупроводниковые приборы).

Исключительная чувствительность, практически безинерционность, возможность контролировать любую неэлектрическую величину (размеры, цвет, время, силу света, скорость, давление, расстояние и т. д.) и другие ценнейшие особенности обусловили исключительно быстрое развитие и применение средств электроники при решении сложнейших задач автоматизации производственных процессов, в радиолокации, телевидении и т. д.

В электронных приборах (двух- и трехэлектродных лампах, электронно-лучевых трубках и др.) ток создается только движением электронов, без столкновения с атомами газовой среды, что осуществляется в условиях глубокого вакуума.

В ионных приборах (газотроны, тиратроны, ртутные вентили и др.) ток создается движением электронов и ионов. Последние получают при столкновении электронов с атомами газа.

В сравнении с электронными приборами ионные приборы имеют значительную инерционность, что объясняется тем, что масса иона в несколько раз больше массы электрона.

В полупроводниковых приборах ток возникает как при движении электронов (электронная, или \bar{P} -проводимость), так и при движении дырок (дырчатая, или P -проводимость), что связано с процессами в кристаллических решетках полупроводников.

Полупроводниковые приборы отличаются от электронных и ионных тем, что они не требуют условий вакуума или накаливаемого катода. Это приводит к уменьшению веса приборов и обуславливает длительный срок службы, простоту в эксплуатации и сравнительную дешевизну.

Простейшим электронным прибором является двухэлектродная лампа — диод (рис. 55).

Она выполняется в виде стеклянного или металлического баллона, из которого выкачан воздух и внутри которого размещены два металлических электрода: анод A и катод K .



Рис. 55. Двухэлектродная лампа-диод.

При нагревании катода до высокой температуры его свободные электроны начинают перемещаться на анод.

Если к электродам лампы подать постоянное напряжение, которое называется анодным, и создать между присоединив анод к плюсу, а катод к минусу источника, то электроны от катода будут перемещаться к аноду, то есть возникает ток. Электронная лампа пропускает ток только в одном направлении, что широко используется при преобразовании переменного тока в постоянный.

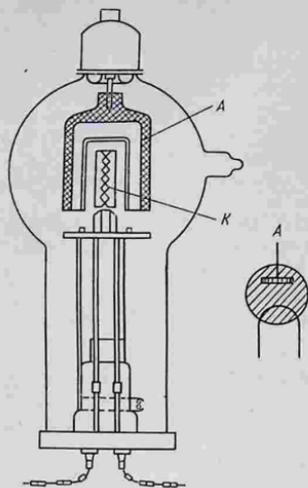


Рис. 56. Схема газотрона.

Процесс выхода электронов из нагретого катода называется термоэлектронной эмиссией. Эмиссию электронов можно вызвать, воздействуя на катод светом — фотоэмиссия или электрическим полем высокой напряженности на ртутный катод — электрическая эмиссия.

Электронные приборы по типу катода разделяются на приборы с накаливаемым, холодным, жидким (ртутным) и фотокатодом. Разрежение в баллоне электронного прибора достигает значений 10^{-7} — 10^{-8} мм рт. ст., то есть оно настолько велико, что электроны от нагретого катода к аноду пролетают без столкновений с молекулами газа.

Электронные лампы классифицируются по количеству имеющихся в них электродов — диоды, триоды и т. д. От этого зависят свойства и характеристики электронной лампы.

Если диоды используются главным образом как выпрямители, то триоды — как усилители и генераторы.

В электронных лампах из-за большого сопротивления получается ограниченная величина тока и значительное падение напряжения. Если в баллон ввести пары ртути или инертный газ, то сопротивление может быть значительно уменьшено. Так и выполняются ионные приборы, например газотроны, используемые в качестве выпрямителей тока.

Газотрон (рис. 56) имеет два электрода: анод A и катод K, размещенные в стеклянном или металлическом баллоне. Катод получает накал от трансформатора накала. При подаче анодного напряжения между катодом и анодом создается электрическое поле, под действием которого электроны катода получают такие скорости, при которых происходит ионизация атомов газа и в анодной цепи проходит электрический ток. У газотрона по сравнению с электронной лампой — диодом более высокий к. п. д., что обуславливается меньшим падением напряжения в газотроне.

Характерная особенность полупроводников заключается в том, что в них электроны и дырки (носители электрических зарядов) возникают вследствие поглощения внешней энергии — тепловой, световой и т. д. Важнейшие для современной техники полупроводники — это германий и кремний.

В качестве примера полупроводникового прибора на рисунке 57 показан кремниевый диод — вентиль, применяемый в качестве выпрямителя тока. Полупроводниковый диод обладает рядом существенных преимуществ перед электронным и полным выпрямителем. В нем отсутствует цепь накала, малая потеря напряжения, значительно меньшие размеры и т. д.

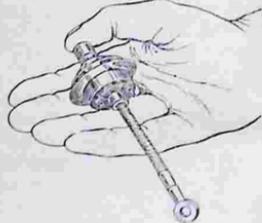


Рис. 57. Кремниевый диод-вентиль мощностью 10 квт, к. п. д. 99%.

В фотоэлементах используется свойство некоторых полупроводников преобразовывать лучистую энергию фотонов (квантов световой энергии) в энергию носителей тока. У фотоэлементов с внешним эффектом под воздействием светового потока электроны покидают фотокатод и создают ток во внешней цепи. Фотокатодом является слой серебра и покрывающий его слой щелочного металла.

У фотоэлементов с внутренним эффектом воздействие светового потока на полупроводник (закись меди, селен и др.) уменьшает его электрическое сопротивление, это так называемые фотосопротивления. Их чувствительность достигает 10^6 *мкА/лм*.

У фотоэлементов с запирающим слоем воздействие светового потока создает разность потенциалов на границах запирающего слоя, то есть в нем непосредственно световая энергия преобразуется в электрическую, что и используется в таких приборах, как люксметр, фотометр, экспонометр и др. Современные фотоэлементы имеют чувствительность до 10 000 *мкА/лм*.

3 Использование световой и лучистой энергии в сельском хозяйстве

Глава первая

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

1. ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Электрическое освещение, существенно улучшая бытовые условия сельского населения, способствует повышению производительности труда и созданию условий безопасности в работе.

Электрический свет все больше приобретает значение производственного фактора в сельском хозяйстве. Например, применяя только электрическое освещение, можно вырастить сверхраннюю рассаду и ранние овощи в теплицах; воздействуя электрическим светом, можно добиться увеличения яйценоскости кур, привесов животных при откормах, всхожести семян при предпосевной их обработке и т. д.

В создании электрических источников света нашим соотечественником принадлежит выдающаяся роль. Профессор В. В. Петров в начале XIX в. открыл явления электрической дуги и люминесценции, указав на возможность их использования для освещения. Выдающийся русский изобретатель А. Н. Лодыгин первым в мире в 1872 г. изобрел угольную лампочку накаливания. Он же создал лампы с нитями накала из молибдена и вольфрама (1890 г.), которые демонстрировались в 1900 г. на Парижской выставке.

В 1876 г. крупному русскому изобретателю П. Н. Яблочкову был выдан патент на источник света, получивший название электрической свечи.

Все большее распространение в наше время получают люминесцентные лампы.

В развитии теории и практики люминесцентного освещения большая заслуга академика С. И. Вавилова и его учеников.

В настоящее время миллионы сельского населения в СССР пользуются электрическим освещением. Электрическую лампочку, заменившую керосиновую, они называют «лампочкой Ильича», выражая глубокую благодарность инициатору электрификации нашей страны В. И. Ленину.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ВЕЛИЧИНЫ СВЕТОТЕХНИКИ

Лучистая энергия. Световой поток. Свет — разновидность электромагнитной энергии. Энергия, передаваемая лучиспусканием, называется **лучистой**, а ее мощность — **лучистым потоком**. Лучистый поток, воздействуя на глаз, вызывает световое ощущение в результате раздражения зрительного нерва. Эта часть лучистого потока называется **световым потоком**.

В жизни живых организмов наибольшую роль играет оптическая часть спектра, включающая невидимые инфракрасные, видимые световые и невидимые ультрафиолетовые излучения. Характеристика этих излучений по названиям, длинам волн и по частотам колебаний приведена в таблице 13, из кото-

рой видно, что видимую часть спектра образует очень узкий участок излучений в диапазоне волн от 0,76 до 0,38 мк*.

ТАБЛИЦА 13

Электромагнитные излучения оптической части спектра

Название области волн	Длина волны (мк)	Название группы волн или частот	Частота (гц)
Инфракрасные волны (лучи)	100—10 10—0,76	Декамикронные Микронные	(3÷400) 10 ¹²
Световые волны (лучи)	0,76—0,62 0,62—0,59 0,59—0,56 0,56—0,50 0,50—0,48 0,48—0,45 0,45—0,38	Красные Оранжевые Желтые Зеленые Голубые Синие Фиолетовые	(3÷4) 10 ¹⁴
Ультрафиолетовые волны (лучи)	0,38—0,315 0,315—0,28 0,28—0,005	Ближние—область А Средние—область В Дальние—область С	(8÷600) 10 ¹⁴

Невидимые инфракрасные лучи имеют длину волн в диапазоне от 0,76 до 100 мк. Они излучаются нагретыми телами и обнаруживаются по тепловому действию.

С другой стороны к световым лучам примыкают ультрафиолетовые с длиной волн 0,38—0,005 мк. Эти лучи при одной дозировке могут действовать смертельно на микроорганизмы, а при другой — способствовать развитию клеток. Являясь носителями химической энергии, они вызывают свечение (флуоресценцию) некоторых веществ, сильно действуют на фотоэмульсию и т. д.

Глаз неодинаково воспринимает излучения различных длин волн.

Зависимость чувствительности глаза от длины волны представлена на графике (рис. 58). Наибольшей чувствительностью человеческий глаз обладает к желто-зеленому излучению, и поэтому максимальная чувствительность глаза к излучению с длиной волны 0,555 мк принята за единицу.

Для волны 0,555 мк световой поток численно равен лучистому потоку. Световой поток измеряется в люменах. Люмен (лм) — это поток, испускаемый внутри телесного угла, равного стерadianу, точечным источником света силой в одну свечу.

Телесным углом называется часть пространства, ограниченная поверхностью, имеющей свою вершину в центре сферы, и опирающаяся на поверхность этой сферы. Телесный угол измеряется отношением площади S (рис. 59) части поверхности сферы, на которую он опирается, к квадрату радиуса r^2 этой сферы, т. е. $\omega = \frac{S}{r^2}$.

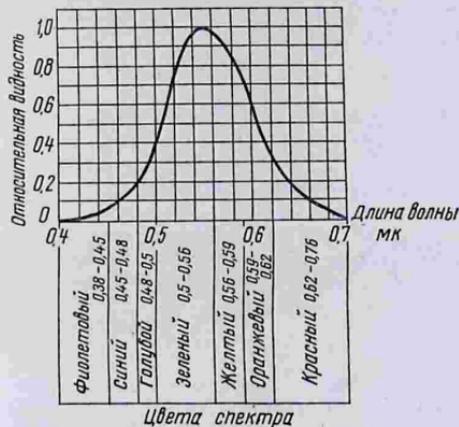
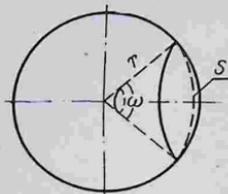


Рис. 58. График относительной чувствительности глаза в зависимости от длины волны излучения и границы спектральных цветов.

* 1 мк (микрон) = 10⁻⁶ м = 10⁻³ мм; 1 Å (ангстрем) = 10⁻¹⁰ м = 10⁻⁷ мм.

Стерadian — единица телесного угла. Стерadian — телесный угол, вершина которого расположена в центре сферы и который вырезает на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Некоторое представление о величине люмена можно получить из следующих примеров: на 1 см^2 поверхности земли летом при сплошной облачности падает около 1 лм , а без облаков при свете солнца — около 10 лм ; нормальная лампа накаливания в 100 вт при напряжении 220 в излучает полный световой поток в 1000 лм .



Сила света. Силой света I называется пространственная плотность светового потока или отношение светового потока к телесному углу ω , в котором заключается поток.

Среднее значение силы света для любого телесного угла равно:

$$I_{\text{ср}} = \frac{F}{\omega},$$

Рис. 59. Телесный угол, где F — световой поток, заключенный в телесном углу ω .

Сила света измеряется в свечах (св). Свеча — единица силы света. По ГОСТ 9867—61, введенному с 1 января 1963 г., ее значение принимается таким, чтобы яркость полного излучателя при температуре затвердевания платины равнялась 60 св на 1 см^2 .

Освещенность. Плотность светового потока на поверхности, то есть отношение светового потока, падающего на площадь, к величине этой площади, называется освещенностью E . Средняя освещенность равна:

$$E_{\text{ср}} = \frac{F}{S},$$

где F — поток, падающий на площадь S .

Единица освещенности — люкс (лк). Это освещенность поверхности площади в 1 м^2 при равномерном распределении на ней светового потока в 1 лм .

Пользуясь уравнениями, определяющими телесный угол, силу света и освещенность, можно найти зависимость освещенности E от силы света I и расстояния от источника света:

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I\omega}{S} = \frac{IS}{r^2} = \frac{I}{r^2},$$

то есть освещенность прямо пропорциональна силе света и обратно пропорциональна квадрату расстояния освещаемой поверхности от источника света.

Яркость. Освещаемый предмет виден тем лучше, чем большую силу света излучает каждый элемент поверхности в направлении глаза. Яркостью B называется отношение силы света I , излучаемой светящейся поверхностью S , к проекции этой поверхности на перпендикулярную плоскость (рис. 60), то есть $B = \frac{I}{S \cos \alpha}$.

Единица яркости — нит (нт). Это яркость по перпендикуляру к равномерно светящейся поверхности площадью 1 м^2 , излучающей свет силой в 1 св^* .

Светность. Плотность светового потока, излучаемого поверхностью, называется светностью R , то есть $R = \frac{F}{S}$.

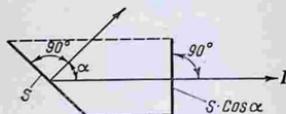


Рис. 60. Схема определения яркости.

* Ранее применявшаяся единица яркости стильб ($1 \text{ св}/1 \text{ см}^2$) равна 10 тыс. нт или 10 кнт .

Handwritten signature or mark in blue ink.

Единица светности — радфот (*рф*) получается, если поверхность излучает световой поток в 1 лмс каждого квадратного сантиметра. Светность может измеряться также в радлюксах (*рлк*). Радлюкс — светность поверхности площадью 1 м², равномерно излучающей световой поток в 1 лм.

В практике светность относят только к физически существующей поверхности (например, светность потолка при расчетах отраженного освещения), а освещенность часто относят и к воображаемой плоскости (например, к горизонтальной плоскости на высоте 0,85 м от пола).

В таблице 14 приведены основные светотехнические величины, их определение и единицы измерения.

ТАБЛИЦА 14

Основные светотехнические величины

Величина	Математическое выражение	Название единицы измерения		Определение
		полное	сокращенное	
Сила света	$I = \frac{F}{\omega}$	свеча	<i>св</i>	1 <i>св</i> = 1 лм/1 <i>стер</i>
Световой поток	$F = I\omega$	люмен	<i>лм</i>	1 лм = 1 <i>св</i> · 1 <i>стер</i>
Освещенность	$E = \frac{F}{S}$	люкс	<i>лк</i>	1 лк = 1 лм/1 м ²
Яркость	$B = \frac{I}{S \cos \alpha}$	нит	<i>нт</i>	1 нт = 1 <i>св</i> /1 м ²
Светность	$R = \frac{F}{S}$	радфот	<i>рф</i>	1 <i>рф</i> = 1 лм/1 см ²

Глава вторая

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Электрические источники света делятся на источники теплового, люминесцентного и смешанного излучения. У источников теплового излучения свечение является следствием нагрева светящегося тела до высокой температуры. В источниках света с люминесцентным излучением обычно используются электролюминесценция и фотолюминесценция. Электролюминесценция — это электрический светящийся разряд в газах и парах металла, а фотолюминесценция — свечение веществ, называемых люминофорами, под непосредственным воздействием электромагнитных излучений. У источников со смешанным излучением наблюдаются тепловое излучение и люминесценция.

В таблице 15 приведена характеристика современных электрических источников света по принципам излучения, типам излучателей и областям применения:

Электрические источники света находят широкое применение в условиях сельского хозяйства.

Для освещения жилых, общественных и производственных помещений используются обычные лампы накаливания.

При выращивании рассады и ранних овощей в теплицах, а также цветов в оранжереях применяются мощные лампы накаливания, в частности зеркальные, а в последнее время все шире начинают применяться люминесцентные лампы дневного света как наиболее экономичные; также применяются и комбинированные осветительные установки, состоящие из ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Электрические источники света

Наименование источников	Принцип излучения	Излучатель	Область применения
Лампы накаливания			
Вакуумные, газополные, спиральные, биспиральные лампы	Тепловое излучение	Свечение вольфрамовой нити	Освещение, сигнализация
Лампы газового разряда			
Газосветные лампы тлеющего, дугового и импульсного разрядов	Электролюминесценция	Свечение благородных газов или паров металлов (натрия, ртути и др.)	Световая реклама, декоративное освещение, сигнализация, фотосъемка
Люминесцентные лампы тлеющего и дугового разрядов	Электро- и фотолюминесценция	Свечение газового разряда и люминофора	Освещение, получение искусственного освещения
Электродосветные лампы с вольфрамовыми или угольными электродами	Тепловое излучение и электролюминесценция	Свечение раскаленных электродов и раскаленных газов	Пржекторы, оптические приборы, кинопроекторы

Для стимулирования роста и борьбы с рахитом молодняка животных и птицы их облучают ультрафиолетовыми лучами, получаемыми от лампы типа ПРК или лампы типа ЭУВ.

Ртутные лампы низкого давления из увиолевого стекла, прозрачного для ультрафиолетового излучения, с длиной волны 0,25 мк ценны тем, что их излучение убивает бактерии, поэтому они получили название бактерицидных. Применяются они в родильных помещениях, в помещениях для обеззараживания воздуха, а также питьевой воды и т. п.

Для обогрева молодняка животных и птицы и при некоторых процессах высушивания применяют как обычные лампы накаливания, выделяющие большое количество тепловой энергии, так и специальные лампы с преимущественным излучением инфракрасных тепловых лучей.

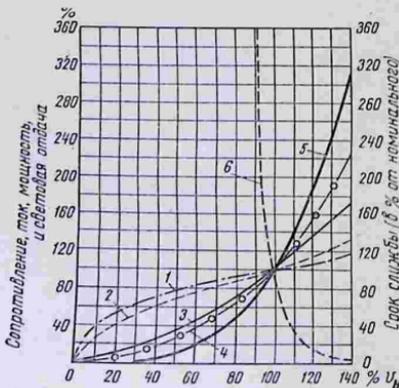


Рис. 61. Изменение характеристик лампы накаливания в зависимости от величины напряжения:

1 — сопротивление; 2 — ток; 3 — мощность; 4 — световая отдача; 5 — световой поток; 6 — срок службы.

1. ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Наиболее распространенными электрическими источниками света являются лампы накаливания. Современная лампа накаливания имеет вольфрамовую нить накала (прямую, спиральную или биспиральную), помещенную в стеклянной колбе с инертным газом.

Инертный газ снижает распыление вольфрама, чем удлиняется срок службы лампы. В качестве наполнителей используются обычно смесь аргона и азота (инертные газы). Лучшие результаты дает наполнение криптоном из-за меньшей теплопроводности этого газа.

Основные характеристики лампы накаливания — это напряжение, мощность, световой поток и световая отдача. Эти величины нормированы ГОСТ 2239—60 и приведены в приложении 4.

Графически изменения характеристик лампы накаливания в зависимости от напряжения представлены на рисунке 61. При отклонении напряжения от номинального наиболее резко изменяются световой поток, световая отдача и мощность лампы.

Горение лампы при напряжении, превышающем нормальное, резко сокращает срок ее службы. Так, если напряжение составляет 105% номинального, то срок службы лампы сокращается почти вдвое.

2. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ

В люминесцентных лампах для получения света используется явление электролюминесценции — свечение паров ртути при движении в них электронов под действием приложенного напряжения, а также явление фотолюминесценции — свечение порошкообразного кристаллического вещества — люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность стеклянной трубки лампы.

Люминофор дает световой поток в результате воздействия на него ультрафиолетовых лучей, излучаемых разрядом в парах ртути. Конструктивно люминесцентная лампа низкого давления (давление от 0,01 до 1 мм рт. ст.) представляет собой цилиндрическую трубку из обычного стекла.

На концах внутри трубки припаиваются биспиральной формы вольфрамовые подогревные электроды. Они покрываются оксидной пастой, обладающей легкой эмиссией электронов, необходимой для возникновения разряда в трубке. Оксидная паста состоит из смеси оксидов бария, стронция и кальция.

Общий вид люминесцентной лампы представлен на рисунке 62. После откачивания воздуха из трубки внутрь нее вводят 20—30 мг ртути и для понижения потенциала зажигания — чистый аргон.

Размеры трубки — длина и диаметр — определяют мощность лампы и напряжением сети, на которое она рассчитана.

Люминесцентные лампы мощностью 15 и 20 вт предназначены для включения в сеть переменного тока напряжением 127 в, а лампы мощностью 30, 40 и 80 вт — в сеть 220 в.

Схема включения люминесцентной лампы представлена на рисунке 63. Последовательно с люминесцентной лампой включается индуктивное сопротивление,

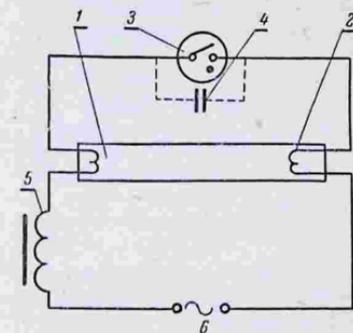


Рис. 63. Схема включения люминесцентной лампы:

1 — лампа; 2 — электроды; 3 — стартер; 4 — конденсатор; 5 — дроссель; 6 — источник энергии.

которое необходимо, чтобы подать импульс напряжения для первичного зажигания лампы, а также для стабилизации тока лампы во время ее работы.

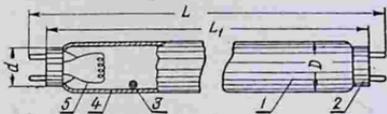


Рис. 62. Общий вид люминесцентной лампы:

1 — стеклянная трубка; 2 — цоколь с двумя штырьками; 3 — капля ртути; 4 — люминофорный состав; 5 — электрод; L — общая длина; L₁ — длина без штырьков; D — диаметр колбы.

Для включения люминесцентной лампы необходимо разогреть ее электроды, что выполняется при помощи автоматического приспособления, называемого стартером. Стартер представляет собой небольшую неоновую лампу с двумя впаянными в нее замыкающими электродами; один из них выполнен из биметаллической ленты. В момент включения лампы на напряжение сети между электродами стартера возникает тлеющий разряд в атмосфере разреженного неона, которым наполнена колба стартера.

Нагреваясь от тепла, выделяемого тлеющим разрядом, биметаллический электрод изгибается, что приводит к короткому замыканию электродов стартера. Начинает проходить ток, который подогревает основные электроды лампы. Ввиду отсутствия в это время разряда в стартере электроды его охлаждаются и автоматически размыкаются. В момент размыкания на разогретые электроды лампы подается импульс напряжения за счет самоиндукции сопротивления дросселя. В результате внутри трубки возникает разряд сначала в атмосфере разреженного аргона, а затем в парах ртути. Повторного возникновения тлеющего разряда в стартере не происходит по той причине, что напряжение на лампе при наличии в ней дугового разряда ниже потенциала зажигания тлеющего разряда между электродами стартера.

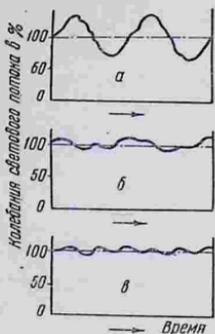


Рис. 64. Осциллограммы суммарного светового потока люминесцентных ламп при включении: а — одной лампы с дросселем; б — двух ламп со сдвигами фаз; в — трех ламп в три различные фазы трехфазной сети.

При дуговом разряде в лампе около 66% потребляемой люминесцентной лампой электроэнергии превращается в ультрафиолетовое излучение; примерно 33% энергии расходуется на тепловые потери (нагрев катодов, конвекцию через ртутные пары, теплопроводность электродов и т. д.) и около 1% превращается непосредственно в видимое излучение. Ультрафиолетовые излучения, действуя на светосостав, заставляют каждую его частицу давать собственные излучения, среди которых на долю видимых излучений приходится около 22,5%.

Схема включения лампы по рисунку 63 имеет два существенных недостатка: в сети создается низкий коэффициент мощности ($\cos \varphi = 0,55 \div 0,6$) и наблюдается стробоскопический эффект, выражающийся в том, что при наблюдении вращающиеся или движущиеся механизмы и детали кажутся неподвижными.

У люминесцентных ламп колебание светового потока значительно больше, чем у ламп накаливания, ввиду отсутствия инерции излучения разряда в парах ртути. Люминофорные составы обладают также недостаточным послеосвечением для уменьшения колебаний светового потока.

Колебания светового потока и вызывают в определенных условиях стробоскопический эффект. Простейшим способом устранить стробоскопический эффект является включение ламп в разные фазы трехфазной системы. Стробоскопический эффект почти полностью устраняется при включении ламп в три различные фазы.

Изменение суммарного светового потока при включении ламп в 1, 2 и 3 фазы электрической сети показано на осциллограммах (рис. 64), из которых видно, что при включении трех ламп в три различные фазы сети колебания светового потока резко уменьшаются.

Основные электрические и световые параметры люминесцентных ламп приведены в приложении 5.

В люминесцентных лампах применяются порошкообразные кристаллические люминофоры (вольфрамат магния, цинк — бериллий силикат, ортофосфат кальция и др.).

В результате составления смесей из нескольких люминофоров цветность излучения у ламп марки ЛДЦ похожа на цветность безоблачного неба,

у ламп ЛХБ — облачного неба. Цветность излучения у ламп ЛБ напоминает цветность прямого солнечного света и у ламп ЛТБ — ламп накаливания.

Средняя продолжительность горения люминесцентной лампы должна быть не менее 5000 часов. В таблице 16 приведены средние данные об изменении характеристик люминесцентной лампы при колебании напряжения.

ТАБЛИЦА 16

Изменение характеристик люминесцентных ламп

Напряжение в % от номинального	Ток (%)	Мощность (%)	Световой поток (%)	Световая отдача (%)
90	95,5	85,5	88,5	104,0
95	97,5	92,5	94,0	102,0
100	100,0	100,0	100,0	100,0
105	102,5	108,0	105,5	97,0
110	105,0	116,0	110,0	94,5

Повышение напряжения, приводящее к увеличению силы тока лампы, нарушает ее тепловой баланс, увеличивает давление ртутных паров, снижает светоотдачу и уменьшает срок ее службы. При снижении напряжения уменьшаются мощность и световой поток лампы, тогда как световая отдача несколько возрастает.

При значительном понижении напряжения в сети люминесцентные лампы либо вовсе не зажигаются, либо этот процесс сопровождается интенсивным распылением оксидного вещества с электродов, что очень скоро приводит к миганиям и преждевременному выходу лампы из строя.

На характеристики люминесцентных ламп значительное влияние оказывает температура среды, в которой они эксплуатируются.

Понижение и повышение окружающей температуры по сравнению с оптимальной нарушают тепловой баланс лампы. Оптимальная температура среды, при которой получается наилучшая световая отдача люминесцентной лампы, равна 18—25°. При этом температура колбы лампы будет в пределах 40—50°. В помещениях с температурой ниже 4—5° люминесцентные лампы не следует применять, так как при этих температурных условиях без специальных приспособлений не гарантируется зажигание лампы.

Выпускаемые лампы комплектуются либо с балластными малогабаритными дросселями ДВМ, либо с пускорегулирующими устройствами ПРУ.

Коэффициент мощности лампы с дросселем составляет 0,5—0,6. Для повышения $\cos \varphi$ с 0,5 до 0,9—0,95 включают конденсатор емкостью 5,5—6 мкф для ламп мощностью 15 и 20 вт, напряжением 127 в и 3,6—4 мкф для ламп мощностью 30—40 вт, напряжением 220 в. В ПРУ дроссель и конденсатор смонтированы в общем футляре.

В соответствии с выпускаемыми типами ламп выпускаются стартеры-зажигатели типов СК-127 для сети 127 в и СК-220 для сети 220 в. По габаритам и внешнему оформлению они одинаковы, срок их службы свыше 1500 включений.

Патроны для ламп и стартера представлены на рисунке 65.

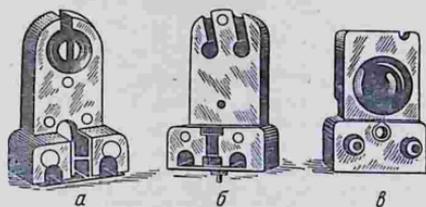


Рис. 65. Патроны для люминесцентных ламп и стартера:

а и б — патроны для ламп с двухштырьковыми цоколями; в — патрон для стартера тлеющего разряда.

При монтаже лампы в патроне *a* одновременно вставляют штырьки в вертикальные прорези двух патронов и затем поворачивают лампу на 90° . Вынимают лампу в обратном порядке. При установке лампы в патроне *b* вставляют штырьки в прорези, нажимая на оба цоколя.

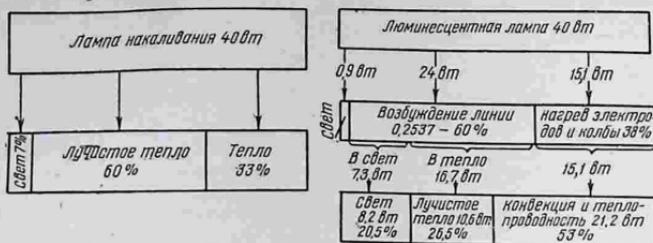


Рис. 66. Сравнительный баланс энергии лампы накаливания и люминесцентной лампы одинаковой мощности.

Сравнительный баланс энергии лампы накаливания и люминесцентной лампы одинаковой мощности в 40 *вт* приведен на рисунке 66, из которого очевидны громадные преимущества люминесцентной лампы, так как в ней в 3

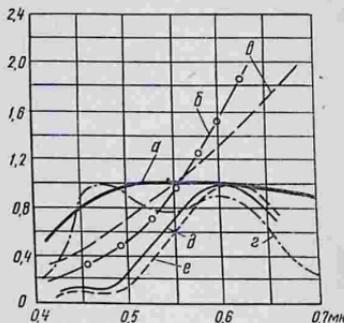


Рис. 67. Спектральное распределение энергии различных источников света:

a — рассеянный свет от небосвода; *b* — пустотная лампа накаливания; *c* — разоглавленная лампа накаливания; *d* — люминесцентная лампа ЛДЦ; *e* — люминесцентная лампа ЛБ; *e* — люминесцентная лампа ЛТВ.

раза больше процент видимых излучений по сравнению с лампой накаливания. К этому следует добавить, что спектральное распределение энергии различных источников света, приведенное на рисунке 67, также говорит о значительных преимуществах люминесцентных ламп, поскольку у них можно переменить максимум излучений, применяя тот или иной светосостав, в зависимости от назначения люминесцентной лампы. В условиях сельскохозяйственного производства люминесцентные лампы нужно применять в первую очередь в теплицах при выращивании ранней рассады и овощей. Здесь их преимущества перед лампами накаливания особенно значительны и выражаются в уменьшении установленной мощности на квадратный метр площади теплицы, в меньшем расходе энергии на единицу продукции, а следовательно, и снижении ее себестоимости.

3. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Трубки люминесцентных ламп типа ЭУВ — эритемные увиолевые лампы — изготовляют из оптического стекла, называемого увиолевым. Оно особо прозрачно для ультрафиолетовых лучей с длиной волны $0,28-0,38 \text{ мк}$. Такое излучение создается люминофором из фосфата кальция, активированного таллием, нанесенным тонким слоем на внутреннюю поверхность трубки.

Излучения ламп ЭУВ оказывают сильное эритемное и антирахиитное действие, то есть воспроизводят летнюю солнечную радиацию, благоприятно воздействующую на живой организм.

Эритемные люминесцентные лампы ЭУВ включают в сеть по тем же схемам, что и осветительные люминесцентные лампы.

Основные данные по лампам ЭУВ приведены в таблице 17.

Данные по лампам ЭУВ

Показатели	Лампы	
	ЭУВ-15	ЭУВ-30
Мощность, потребляемая лампой (<i>вт</i>)	15	30
Мощность, потребляемая лампой с дросселем (<i>вт</i>)	20	37
Номинальный световой поток (<i>лм</i>)	60	110
Номинальный эритемный поток лампы (<i>эр</i>)*	0,22	0,53
Срок службы (<i>ч</i>)	1500	1500

* За единицу эритемного потока принят *эр*. *Эр*—это лучистый поток с длиной волны 0,297 мк, мощностью 1 *вт*. 1 *мэр* = 10^{-3} *эр*. За единицу эритемной облученности принят *эр/м²* или *мэр/м²*. Количество эритемного облучения равно произведению эритемной облученности на время облучения и выражается в *эр. ч/м²* или *мэр. ч/м²*.

Бактерицидные лампы БУВ в конструктивном отношении и по схемам включения одинаковы с осветительными люминесцентными лампами.

ТАБЛИЦА 18

Данные по лампам БУВ

Показатели	Лампы	
	БУВ-15	БУВ-30
Мощность лампы (<i>вт</i>)	15,0	30,0
Мощность, потребляемая из сети (<i>вт</i>)	19,5	36,0
Номинальный световой поток (<i>лм</i>)	60,0	130,0
Бактерицидный поток (<i>бакт</i>)*		
а) номинальный	1,2	2,95
б) наименьший	0,8	1,27

* За единицу бактерицидного потока принят *бакт*. Это лучистый поток с длиной волны 0,254 мк, мощностью 1 *вт*. Микробакт = 10^{-6} *бакт*. За единицу бактерицидной облученности принят *б/м²* или *мкб/м²*. Количество бактерицидного облучения равно произведению бактерицидной облученности на время облучения и выражается в *б.ч/м²* или в *мкб.ч/м²*.

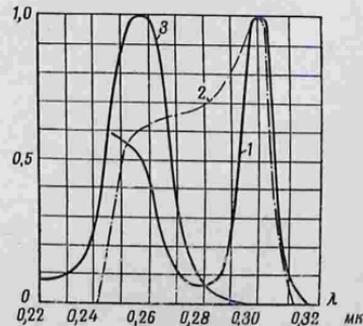
Трубки ламп БУВ изготовляют из увиолевого стекла, хорошо пропускающего ультрафиолетовые лучи с длиной волны 0,254 мк. Эти излучения обладают бактерицидным действием. Лампы БУВ люминофорного состава на трубке не имеют. При горении они дают слабое фиолетовое свечение. Если смотреть на лампу без защитных очков, то может быть конъюнктивит — воспаление глаз.

Основные данные по лампам БУВ приведены в таблице 18.

Зоны рационального использования ультрафиолетовых излучений хорошо видны на рисунке 68, где приведена относительная эффективность ультрафиолетовых излучений в зависимости от длины волны.

Рис. 68. Кривые относительной эффективности ультрафиолетовых излучений в зависимости от длины волны:

1 — кривая эритемной эффективности; 2 — кривая антирахиной эффективности; 3 — кривая бактерицидной эффективности.



Показателем экономичности ламп является световая отдача γ , то есть

$$\gamma = \frac{F}{P} \text{ лм/вт,}$$

где F — световой поток (лм);
 P — мощность лампы (вт).

ТАБЛИЦА 19

Величины световойдачи некоторых источников света

Источник света	Световая отдача (лм/вт)
Лампа керосиновая	0,25
Газокалильная горелка	1,12
Вакуумная лампа накаливания	6—10
Газопольные лампы с вольфрамовой нитью	10—20
Биспиральные лампы	11—13
Зеркальные лампы	12—15
Неоновые трубки тлеющего разряда	8—12
Неоновые трубки дугового разряда	12—30
Люминесцентные лампы	30—50
Лампы дугового разряда в парах ртути при сверхвысоком давлении	45—60

Величина световой отдачки показывает количество люменов светового потока, приходящихся на 1 вт потребляемой лампой мощности. Световая отдачка при одинаковом напряжении выше у ламп большей мощности, а при одинаковой мощности выше у ламп более низкого напряжения.

В таблице 19 приведены сравнительные величины световойдачи некоторых источников света.

4. РТУТНО-КВАРЦЕВЫЕ ЛАМПЫ

Из ртутных ламп высокого давления (до 1 атм) для сельскохозяйственного производства имеют большое значение лампы ПРК — прямые ртутно-кварцевые лампы. Колбы этих ламп выполняются из кварцевого стекла, хорошо пропускающего, помимо видимых, также и ультрафиолетовые излучения с длинами волн от 0,18 до 0,40 мк. Лампы ПРК являются мощным источником ультрафиолетовой радиации. Внутри кварцевой трубки

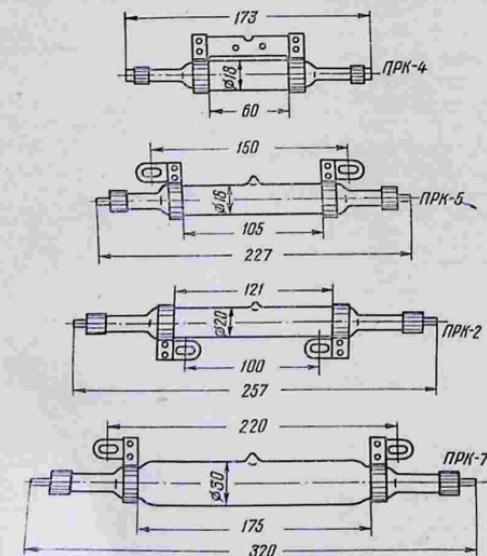


Рис. 69. Общий вид и размеры (мм) ламп ПРК.

и у ее концов, вмонтированы вольфрамовые электроды, между которыми происходит дуговой разряд во время горения лампы.

В трубке имеется небольшое количество ртути, которое полностью испаряется во время горения. Для облегчения зажигания трубки наполняют аргоном — химически недействительным газом.

Основные данные по лампам ПРК приведены в таблице 20.

Основные данные по лампам ПРК

Показатели	Единица измерения	Лампы			
		ПРК-4	ПРК-5	ПРК-2	ПРК-7
Мощность лампы	<i>вт</i>	220	240	375	1000
Напряжение сети	<i>в</i>	127	220	220	220
Длина лампы	<i>мм</i>	173	227	257	320
Диаметр трубки	<i>мм</i>	18	18	20	30
Период разогрева:					
а) пусковой ток	<i>а</i>	5,0	4,2	6,0	14,0
б) продолжительность	<i>мин</i>	10	15	15	10
Установившийся режим:					
а) ток	<i>а</i>	3,75	2,3	3,75	8,05
б) напряжение на лампе	<i>в</i>	70	120	120	135
в) напряжение на дросселе	<i>в</i>	87	163	170	151
Области излучений:					
а) ультрафиолетовая область 0,2378—0,3984 мк	%	50,0	—	46,7	48,2
б) видимая область 0,4047— 0,6907 мк	%	38,4	—	40,7	36,6
в) инфракрасная область 1,0140—1,7110 мк	%	11,6	—	12,6	15,2
Всего	%	100	—	100	100

Общий вид и размеры ламп ПРК представлены на рисунке 69. В спектре ламп ПРК представлены все виды ультрафиолетового излучения от длины волны, равной 0,2378 мк, до границы видимого спектра.

Ртутно-кварцевые лампы, как и все лампы газового разряда, имеют падающую вольтамперную характеристику. Собственное сопротивление лампы уменьшается с увеличением тока, проходящего через лампу. Поэтому лампы газового разряда, в том числе и ртутно-кварцевые, нельзя присоединять непосредственно к сети во избежание выхода их из строя. Последовательно с лампами включают сопротивление дросселя, которое ограничивает ток, проходящий через лампу (рис. 70).

После подачи напряжения из сети на электроды лампы замыкают и размыкают несколько раз кнопку *K*. Кнопка *K* и конденсатор *C*₂ служат для получения импульса напряжения при зажигании лампы.

При замыкании кнопки через конденсатор и дроссель начинает проходить ток, сталь дросселя намагничивается. При размыкании кнопки ток прерывается и исчезающее магнитное поле наводит в обмотке дросселя импульс напряжения, больший напряжения сети, под действием которого и начинается газовый разряд между электродами лампы.

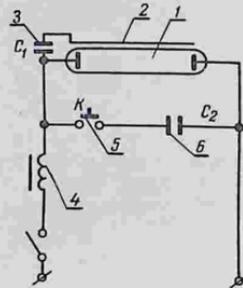


Рис. 70. Схема включения ламп ПРК в сеть переменного тока:

1 — лампа; 2 — конденсаторная фольга; 3 — конденсатор емкостью 0,3—0,5 мкф; 4 — дроссель; 5 — пусковая кнопка; 6 — пусковой конденсатор.

5. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Комплект, состоящий из источника света и осветительной арматуры, называется осветительным прибором. Осветительные приборы ближнего действия называются светильниками, а дальнего действия — прожекторами.

Светильники характеризуются кривыми светораспределения. Эти кривые снимают опытным путем для данного светильника с источником света 1000 лм и строят обычно в полярной системе координат. Длина радиуса-вектора от начала координат до любой точки кривой представляет в некотором масштабе силу света, излучаемого в данном направлении (рис. 71).

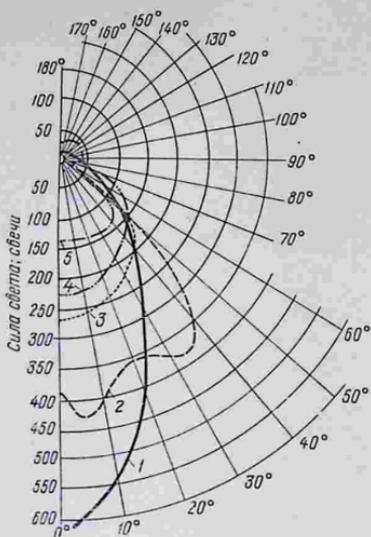


Рис. 71. Кривые распределения силы света некоторых светильников:
1 — зеркальная лампа; 2 — глубоконалучатель зеркальный; 3 — глубоконалучатель эмалированный; 4 — «Универсал»; 5 — лючета цельного стекла.

Если представить источник света в центре сферы, на которой нанесены меридианы и параллели, то любое направление луча света, оставляющего световое пятно — точку на сфере, можно выразить двумя координатами: широтой и долготой. Соединив точки с равной силой света, получим кривые равной силы света, или изосветы, в полярной системе координат.

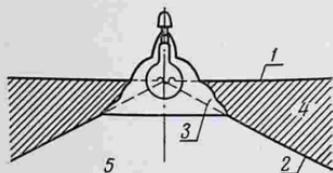


Рис. 72. Защитный угол:
1 — горизонтальная линия; 2 — пограничная линия; 3 — защитный угол; 4 — в заштрихованной части светильника нить не видна глазом; 5 — в этом пространстве нить лампы видна глазом.

Защитный угол светильника характеризует степень закрытия ярких частей источника света от глаз наблюдателя. Защитный угол образуется горизонтальной линией и пограничной линией, соединяющей крайнюю точку тела накала с противоположным краем отражателя (рис. 72).

6. ТИПЫ СВЕТИЛЬНИКОВ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В сельском хозяйстве наибольшее распространение получили светильники, эскизы которых и условные обозначения приведены на рисунке 73: а) «Альфа»-Аж (рис. 73, а) — для местного освещения станков, верстаков и т. п.;

б) «Универсал защищенный» — УЗ (рис. 73, б) — для общего освещения производственных помещений высотой 3—5 м, мастерских, различных предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья и т. п.;

в) светильник наружного типа Но (рис. 73, в) — для наружного освещения и общего освещения сырых и особо сырых производственных помещений;

г) светильник типа СХ-60 (рис. 73, г) — для освещения помещений сырых и с активной химической средой;

д) фарфоровый полугерметический со стеклом Фм (рис. 73, д) широко используется на животноводческих фермах, в кормокухнях, водокачках и прочих помещениях, относящихся к категории сырых и особо сырых;

е) «Люцетта сборная» — Лн (рис. 73, е) — преимущественно отраженного света, с верхним матовым и нижним молочным стеклами, с высоким качеством освещения, почти без теней и блескости, что особенно желательно для школ, чертежных и т. п.;

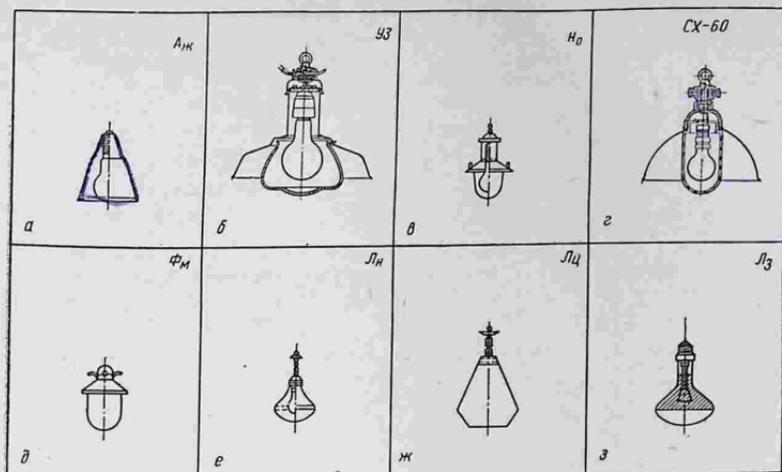


Рис. 73. Эскизы светильников и их условные обозначения:

а — «Альфа»; б — «Универсаль»; в — светильник наружного типа; г — водонепроницаемый; д — фарфоровый полугерметический; е — «Люцетта сборная»; ж — «Люцетта цельная»; з — «Зеркальная лампа».

ж) «Люцетта цельная» — Лц — молочного стекла (рис. 73, ж) — для освещения административных, торговых, конторских и тому подобных помещений;

з) «Зеркальная лампа» — Лз (рис. 73, з) — имеет колбу специальной формы, покрытую отражающим зеркальным слоем. Применяется при выращивании овощей и рассады в закрытом грунте, а также для наружного освещения.

Простой шнуровой подвес с креплением к потолку при помощи потолочной розетки и подвес с изолированным проводом с креплением на потолочном крюке имеют массовое применение при устройстве электрического освещения в колхозных домах, общежитиях и пр.

Люминесцентные лампы, имея большие размеры, требуют осветительной арматуры специальной формы. В качестве примера на рисунке 74 приведен светильник прямого света корытообразной формы для трех люминесцентных ламп.

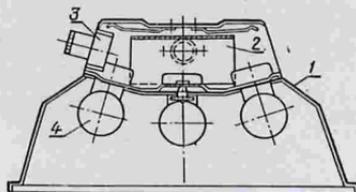
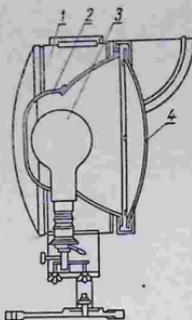


Рис. 74. Светильник для трех люминесцентных ламп:

1 — съемный рефлектор; 2 — пускорегулирующее устройство — ПРУ; 3 — патрон стартера; 4 — люминесцентные лампы.

7. ПРОЖЕКТОРЫ

Осветительные приборы дальнего действия — прожекторы — применяются в сельском хозяйстве для освещения молотильных и зерноочистительных пунктов, строительных площадок и т. д.



Пржектор состоит из корпуса, оптической системы и источника света (рис. 75). Корпус служит для соединения пржектора в одно целое и защиты от атмосферных осадков и пыли. Оптическая система состоит из стального хромированного отражателя — заднего параболоида, сферического кольца и рассеивателя — переднего параболоида из стекла. В фокусе заднего параболоида укреплен источник света в виде лампы накаливания от 300 до 500 *вт* в пржекторе ПЗ-35 и 1000 *вт* в пржекторе ПЗО-45.

Основные характеристики пржекторов заливающего света приведены в таблице 21.

Рис. 75. Пржектор типа ПЗ:

1 — корпус; 2 — отражатель; 3 — источник света; 4 — рассеиватель.

ТАБЛИЦА 21

Основные характеристики пржекторов заливающего света

Тип пржектора	Наибольшая сила света (св)	Мощность (вт)	Напряжение (е)
ПЗ-24	6 000	150	100 и 127
ПЗ-35	35 000 25 000	300	110 и 127 220
ПЗ-35	70 000 40 000	500	110 и 127 220
ПЗО	160 000 100 000	1 000 1 000	110 и 127 220

Глава третья

ПОНЯТИЯ О НОРМИРОВАНИИ И СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1. НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Действующие в СССР и обязательные для всех ведомств правила* нормируют освещенность в зависимости от трех условий: размера объекта различения, контраста его с фоном и коэффициента отражения фона.

Нормы освещенности устанавливают минимальную освещенность, то есть во всех точках рабочей поверхности или по всей площади помещения она не должна быть меньше величины, установленной нормами.

На основе общих норм разрабатываются ведомственные или отраслевые нормы, которые содержат указания об освещенности помещений и рабочих мест, характерных для данной отрасли народного хозяйства.

Так, осветительную нагрузку для отдельных потребителей в колхозе и совхозе подсчитывают исходя из норм удельной мощности в ваттах на 1 м² площади помещений по наружному обмеру. Эти нормы приведены в таблице 22.

Если требуется определить мощность станции или питающей подстанции, то осветительные и бытовые нагрузки рекомендуется подсчитывать

* Строительные нормы и правила (СН и П), гл. В. 6 «Искусственное освещение» постановление Госстроя СССР от 14 января 1958 г.

по укрупненным нормативам по приложению 6, отнесенным к одному одно-квартирному дому, а по приложению 7 — для уличного освещения и по приложению 8 — для освещения и силовых нагрузок в помещениях для скота и птицы.

ТАБЛИЦА 22

Нормы установленной мощности для электроосвещения сельскохозяйственных помещений, согласно Руководящим указаниям по проектированию сельских электроустановок (РУП—1964 г.).

Группа помещений	Установленная мощность (вт на м ² площади по наружному обмеру)	Средняя мощность лампы (вт)	Число часов использования установленной мощности за год
------------------	---	-----------------------------	---

I. Общественные помещения

Сельсовет	18	100	800
Контора, дом приезжих, чайная	16	100	800
Магазины, больница	21	100	800
Столовая	21	130	800
Хлебопекарня	22	130	800
Детский сад, ясли	24	140	800
Школа	30	150	800
Клуб, отделение связи	27	100	800
Библиотека	17	100	800
Баня	33	150	800
Прачечная	25	110	800

II. Производственные помещения

Гараж	11	100	800
Пожарное депо	8	100	800
Слесарно-механическая мастерская	12	150	1500
Деревообделочная мастерская	12	150	1500
Мельница	14	150	800

III. Животноводческие помещения

Коровник с доильной площадкой	3,3	60	700
Доильная площадка	13	100	700
Коровник при доении в стойлах	5,5	90	700
Лаборатория, молочная	15	100	700
Телятник	3,7	75	700
Свиноарник-маточник	3,3	75	700
Свиноарник-откормочник	2,6	75	700
Скотный двор для откорма на мясо	2,2	60	700
Овчарни для овцематок	2	60	700
Конюшня	2,3	60	700
Птичник с дополнительным освещением, цып-лятник	5	75	700
Кормоприготовительная	7	100	700
Пункт искусственного осеменения животных	6	75	700

IV. Складские помещения

Зерно и овощехранилище	2	100	600
Яйцесклад	6	100	600
Склады оборудования и материалов	3	100	600
Весовая	12	150	600
Склад минеральных удобрений	2	100	600

Пользование этими нормативами позволяет определить максимальную мощность для зимнего вечернего максимума и по ней выбрать мощность трансформатора потребительской подстанции без составления суточных графиков нагрузки.

2. ПОНЯТИЕ О СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Различают системы общего, местного и комбинированного освещения.

При общем освещении важно правильно разместить светильники, так как от этого зависит равномерность освещения помещения и повышается экономичность установки (уменьшается мощность и снижается годовой расход электроэнергии на освещение). Расположение светильников бывает симметричное — по вершинам прямоугольников или шахматное — по вершинам треугольников (рис. 76).

При системе местного освещения светильники размещают не по вершинам правильных фигур, а с учетом расположения рабочих поверхностей (станков, верстаков, чертежных столов и т. д.)

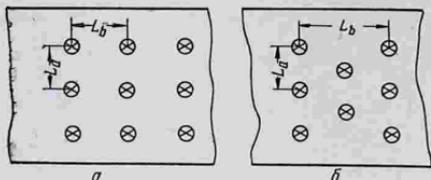


Рис. 76. Расположение светильников:
а — по углам прямоугольника; б — по вершинам
треугольника.

В производственных помещениях в местах, недоступных для случайного прикосновения, напряжение ламп местного освещения применяют сетевое (220—127 в) с защитным заземлением металлической арматуры светильников.

Во всех прочих случаях в производственных помещениях для ламп местного освещения

нужно применять напряжение 36 или 12 в с питанием от трансформаторов безопасности.

Напряжение 12 в применяют для мест, особо опасных в отношении поражения электрическим током (котлы, силосные башни и т. п.).

При освещении сельскохозяйственных предприятий промышленного типа нужно применять наряду с общим и аварийное освещение, мощность которого должна составлять не менее 10% мощности общего освещения.

В предприятиях, где принято раздельное питание электродвигателей и освещения, аварийную часть последнего рекомендуется присоединять к силовой сети.

Если есть несколько вводов, рабочее и аварийное освещение присоединяют к разным вводам.

Если имеется один электрический ввод, линию аварийного освещения присоединяют непосредственно к вводному щитку.

3. ОСВЕЩЕНИЕ УЛИЦ И ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ

Данные об удельной мощности уличных осветительных установок приведены в приложении 7.

Для уличного освещения применяют арматуру, состоящую из эмалированного отражателя и защитного колпака, которая обычно подвешивается на опорах линий низкого напряжения.

Однорядное размещение светильников целесообразно при ширине улицы, не превышающей полутора- или двукратной высоты подвеса светильников. При этом наилучшее их расположение — по оси проезда. При более широких освещаемых проездах светильники следует размещать в два ряда по границам проезжей части.

Высота подвеса светильника с лампой мощностью 150 *вт* должна быть 5,5—6,5 м, а при освещении больших площадей и широких магистралей целесообразно увеличить высоту подвеса до 8—10 м, используя лампы большей мощности (300—500 *вт*). Расстояние между светильниками 40—60 м.

4. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Из многих возможных схем управления электрическими осветительными установками на рисунке 77 представлены следующие варианты:

а) схема управления одной или несколькими лампами одним выключателем. При этой схеме необходимы два провода на всех участках цепи;

б) раздельное управление двумя лампами (или двумя группами ламп) с помощью двух выключателей. Для выполнения схемы необходимы три провода: один общий неотключаемый и по одному от каждого выключателя. Возможно раздельное или совместное горение ламп и полное отключение установки. От первого и второго выключателей может управляться одинаковое или разное количество ламп;

в) раздельное управление двумя лампами (или двумя группами ламп) с помощью одного переключателя при трех проводах в цепи. Переключатель может иметь четыре положения, чем обеспечивается включение первой или второй группы ламп, совместное горение или полное отключение установки;

г) управление двумя отдельными лампами одним выключателем и двумя ближайшими — вторым при трех проводах. Схема применяется, когда светильники включаются или выключаются параллельными рядами;

д) управление лампами с противоположной стороны от точки питания. В этом случае необходим третий дополнительный провод;

е) лампы управляются независимо от других потребителей, имеющих на линии, например штепсельных розеток. Питание ламп осуществляется от проходящей линии;

ж — з) при освещении длинных помещений (складов, теплиц, коридоров и т. д.) возникает необходимость управления осветительной установкой

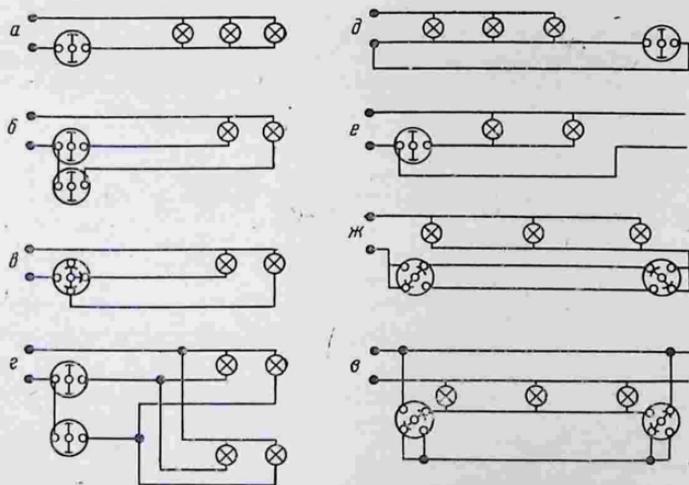


Рис. 77. Различные схемы управления лампами.

с двух концов. Схемы предусматривают возможность включения или выключения установки любым из двух выключателей, расположенных по

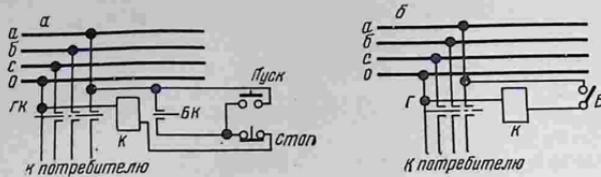


Рис. 78. Схемы дистанционного управления электроосвещением.

концам линии, независимо от положения другого. В обеих схемах необходимо четыре провода. Разница в двух приведенных схемах *эс* и *з* состоит в том, что при схеме *з* питание ламп возможно от проходящей линии.

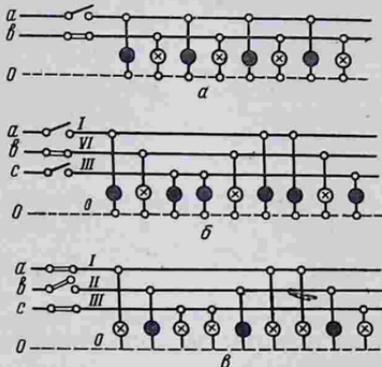


Рис. 79. Схемы частичного отключения ламп.

В схеме на рисунке 78, *б* кнопки «Пуск» и «Стоп», а также блок-контакты *БК* заменены обычным выключателем *В*. При случайном выключении установка остается включенной и невозможно ее автоматическое отключение при исчезновении напряжения.

В ряде случаев встречается необходимость постепенного включения, выключения или регулирования мощности осветительной установки. С помощью схем, приведенных на рисунке 79, по вариантам *а*, *б* и *в* возможно соответственно отключение половины, двух третей и одной трети ламп, имеющихся в установке.

Глава четвертая

ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОЙ И ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

К настоящему времени разработан ряд приемов использования электрической энергии, преобразованной в лучистый поток, путем непосредственного воздействия на животный или растительный организм. Это воздействие может ускорять или замедлять развитие организма, уменьшать возможность его заболеваний, увеличивать продуктивность, может произ-

водить и дезинфицирующее действие. К числу таких приемов, проверенных на практике, относятся выращивание при электрическом освещении рассады и овощей в теплицах, применение электрического освещения в борьбе с сельскохозяйственными летающими вредителями, увеличение яйценоскости кур при добавочном искусственном освещении, стимулирование роста молодняка птицы и животных облучением ультрафиолетовыми лучами, использование инфракрасных и ультрафиолетовых лучей для дезинсекции и дезинфекции и др.

Получены также положительные результаты воздействия электрического света на ускорение процесса яровизации и увеличение всхожести семян при предпосевной обработке.

При оценке воздействия лучистого потока на животный или растительный организм важно знать общее количество энергии, которую получает тот или иной объект за время облучения. Так, состояние растения зависит не только от величины освещенности, но и от количества энергии, заключенной в лучистом потоке, падающем на поверхность листьев в единицу времени.

В отличие от светотехнических расчетов, где единица освещенности люкс вполне пригодна для измерения светового эффекта, воспринимаемого человеческим глазом, в расчетах, где необходимо определить и измерить лучистую энергию, воспринимаемую растениями, то есть их облученность, должна быть принята единица или доза облучения в грамм-калориях на 1 см^2 в 1 мин , то есть $\text{г-кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ или же в эргах на $1 \cdot \text{см}^2 \cdot \text{сек}$, то есть $\text{эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$ *

Чтобы сопоставить единицу освещенности люкс и единицу интенсивности физиологической радиации $\text{эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$, в таблице 23 приведен их взаимный пересчет для некоторых ламп.

ТАБЛИЦА 23

Таблица перевода лк в $\text{эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$ для некоторых ламп

Тип ламп	Количество $\text{эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$ в 1 лк	Количество лк в $1 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$
Лампы накаливания 100—500 <i>вт</i>	5,91	0,17
Люминесцентные лампы:		
ЛДЦ	4,03	0,25
ЛТБ	4,25	0,24
ЛБ	3,55	0,22

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕПЛИЦАХ

Свет — один из важнейших и необходимых факторов в жизни растений, благодаря которому происходит основной процесс их жизнедеятельности — фотосинтез.

Под действием лучистой энергии солнца при помощи зеленого хлорофиллового вещества и частично желтых пигментов — каротиноидов в листе зеленого растения происходит расщепление углекислоты воздуха и усвоение им углерода с образованием органических веществ.

Солнечная радиация доставляет на поверхность земли энергии в среднем $0,5 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ с диапазоном колебаний от 0,39 зимой до 1,43 летом (на широтах Москвы).

В среднеширотных областях, а тем более в северных районах СССР поздно осенью, зимой и рано весной выращивание растений возможно лишь при искусственном освещении в обогреваемых теплицах и оранжереях.

* $1 \text{ г-кал/см}^2 \cdot \text{мин} = 696 \text{ тыс. эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$.

При выращивании растений с искусственным освещением возможно получение зеленой продукции в любых темных и даже подземных сооружениях, но при условии, что источник света по интенсивности освещения, по количеству энергии в исходящем от него лучистом потоке и по составу спектра будет отвечать требованиям нормального развития растений. Приемы выращивания растений с искусственным электрическим освещением получили название электросветокультуры.

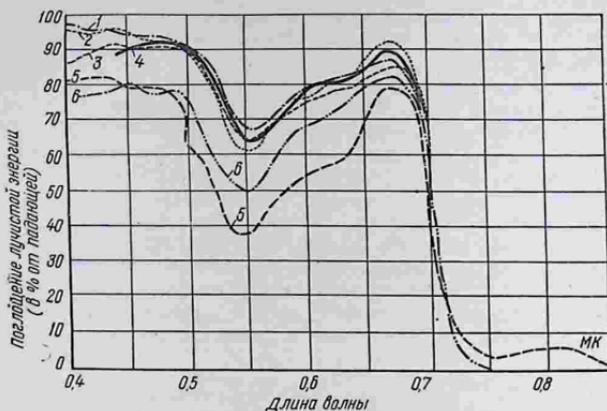


Рис. 80. Кривые поглощения лучистой энергии листьями некоторых овощных культур:
1 — шпинат; 2 — бобы; 3 — листья свеклы; 4 — фасоль; 5 — салат;
6 — капуста (по А. Ф. Клемишину).

В таблице 13 были приведены характеристики излучений оптической части спектра (ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных). Роль этих излучений в жизни растений различна.

Коротковолновые ультрафиолетовые излучения с длиной волны от 0,1 до 0,28 мк даже за короткое время губительно действуют на растения: за 10—15 мин листья желтеют, стебли скручиваются, точки роста отмирают. Ультрафиолетовые излучения с длиной волны от 0,28 до 0,38 мк в количестве около 1% от всей радиации полезны для обмена веществ и формирования органов растений.

Наибольшую роль в жизни растений играет видимая, или световая, часть излучений (0,4—0,7 мк), часто называемая физиологической радиацией.

Из видимых излучений наибольшей физиологической активностью обладают оранжево-красные и сине-фиолетовые лучи, а наименьшей эффективностью — зеленые лучи.

Великий русский ученый К. А. Тимирязев установил, что для процесса фотосинтеза растениям особенно нужен из видимых излучений оранжево-красный и сине-фиолетовый свет, интенсивно поглощаемый хлорофиллом.

Инфракрасные излучения как излучения, несущие поток тепловой энергии, влияют на температуру растений, согревая их при низких температурах воздуха и, наоборот, угнетая растения при температурах воздуха выше 25° С.

На рисунке 80 приведены кривые поглощения лучистой энергии листьями некоторых овощных культур; эти кривые показывают, что действительно максимумы поглощения падают на оранжево-красные и сине-фиолетовые лучи, а минимум — на зеленые лучи.

Интенсивность физиологической радиации, то есть количество энергии, поглощенной единицей поверхности листьев в единицу времени, определяет процессы роста, развития и формообразования растений. Вес растений, а следовательно, и урожай возрастают с увеличением интенсивности радиации. Высшая граница интенсивности радиации в условиях закрытого грунта, определяемая экономическими соображениями, лежит в пределах $50\,000 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$, или около 10—12 тыс. лк.

В условиях закрытого грунта (в теплицах, оранжереях) растения находятся под воздействием естественного и искусственного света.

Спектральный состав естественного света, получаемого растениями в теплицах, определяется тем, что обыкновенное оконное стекло лучше пропускает красные, оранжевые и зеленые лучи и хуже сине-фиолетовые.

Количественный и качественный состав естественного солнечного света зависит от высоты солнца над горизонтом, географического расположения того или иного пункта и от времени года.

Из таблицы 23а видно, что в солнечной радиации инфракрасные лучи составляют до 68,8% всех излучений; на долю физиологически активных видимых излучений приходится от 30 до 45% и ультрафиолетовые лучи составляют от 0,4 до 4,7%.

По кривым рисунка 81 можно судить об интенсивности физиологической радиации в различные месяцы года и для различных географических широт.

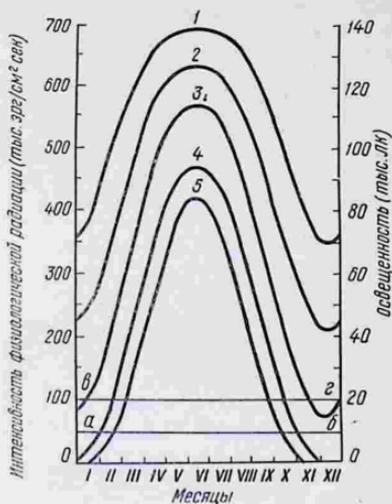


Рис. 81. Кривые интенсивности физиологической радиации и освещенности по месяцам года:
1 — 35°; 2 — 45°; 3 — 55°; 4 — 65°; 5 — 75° северной широты.

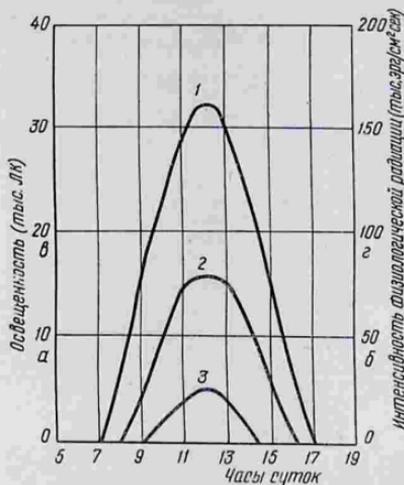


Рис. 82. Суточные изменения интенсивности физиологической радиации на широте Москвы:
1 — для октября и февраля; 2 — для ноября и января; 3 — для декабря; α и β — уровни интенсивности радиации, необходимые для теневосильных и светолюбивых растений.

Суточное колебание интенсивности физиологической радиации для зимних месяцев на широте Москвы приведено на рисунке 82.

На рисунке 83 приведен график, по которому можно определить продолжительность дополнительного освещения в разное время года, для различных пунктов СССР. Заштрихованная часть графика показывает, что для Закавказья, например, эта продолжительность составляет три месяца,

Спектральный состав солнечной радиации на земной поверхности (%)
в зависимости от высоты солнцестояния

Область излучения	Высота солнцестояния (град)						
	0,5	5	10	20	30	50	90
Ультрафиолетовые лучи	0	0,4	1,0	2,0	2,7	3,2	4,7
Видимые лучи	31,2	38,6	41,0	42,7	43,7	43,9	45,3
Инфракрасные лучи	68,8	61,0	58,0	53,3	53,6	52,9	50,0

для широт Москвы (56°) — шесть месяцев, а на острове Диксон — девять месяцев в течение года.

Интенсивность естественного света в теплицах в короткие дни осенне-зимнего сезона недостаточна для нормального роста овощных культур.

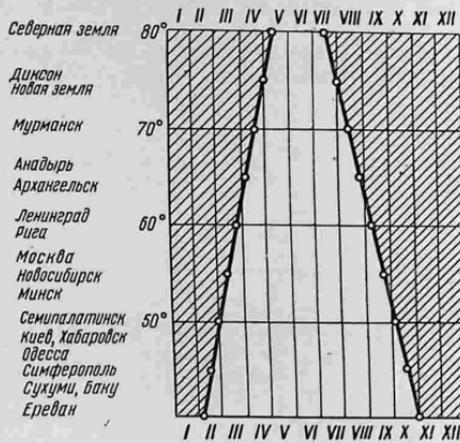


Рис. 83. График потребности (заштрихованная часть) в дополнительном освещении по месяцам года для различных пунктов СССР (по Н. П. Протасовой).

Данные о естественной освещенности снаружи и внутри теплицы по различным месяцам года для средней полосы СССР приведены в таблице 24.

ТАБЛИЦА 24

Естественная освещенность снаружи и внутри теплицы в средней полосе СССР
(тыс. лк)

Месяц	Освещенность		Месяц	Освещенность	
	наруж-ная	в теплице		наруж-ная	в теплице
Сентябрь	39,1	11,5	Январь	6,2	2,0
Октябрь	23,0	4,0	Февраль	14,8	4,0
Ноябрь	11,2	2,0	Март	31,0	9,0
Декабрь	4,2	1,0	Апрель	42,6	13,0

По требовательности к освещенности овощные растения можно разделить на три группы:

а) растения, требующие максимальной освещенности (около 8 тыс. лк): помидоры, фасоль, салат, огурцы, цветная капуста (рассада);

б) растения, требующие средней освещенности (4—5 тыс. лк): редис, укроп, шпинат;

в) растения, растущие при малой освещенности (1—2 тыс. лк): лук на перо, свекла на лист, цветная капуста (доращивание осенью).

Процесс фотосинтеза требует высокой интенсивности освещения (тысячи люкс). Другие физиологические процессы, как формирование цветов, плодов, могут проходить при относительно меньших освещенностях (сотни люкс).

Меняя состав спектра, интенсивность и продолжительность освещения, можно замедлять или ускорять обмен веществ, рост и развитие растений.

Важным технологическим условием успешного выращивания растений при электросветокультуре является длительность освещения растений в течение суток. Всякое растение, прежде чем перейти к цветению и плодоношению, должно пройти так называемую световую стадию развития. По продолжительности освещения в период световой стадии растения разделяются на растения короткого дня, требующие продолжительности освещения от 8 до 12 ч в сутки (огурцы, баклажаны, перец и некоторые сорта томатов), и растения длинного дня, требующие продолжительности освещения от 14 до 17 ч в сутки (салат, редис, шпинат). Продолжительность использования растениями естественного света зимой в теплицах значительно меньше светового периода суток. Так, если в средней полосе СССР зимой день составляет 7 ч, то из них растение может использовать на накопление органического вещества не более 3 ч. Отсюда очевидна необходимость дополнительного освещения растений.

Из ламп накаливания для выращивания растений в закрытом грунте более выгодны и удобны в эксплуатации зеркальные лампы мощностью 250 и 500 *вт*, изготовляемые на напряжении 127 и 220 *в*. Их колбы в верхней половине выполняются с зеркальной поверхностью, поэтому они используются без осветительной арматуры, а лишь для защиты от капель, которые обычно падают с каркасных деталей теплицы, накрываются конусообразными колпаками из белой жести.

Характеристика зеркальных ламп накаливания приведена в таблице 25.

ТАБЛИЦА 25

Характеристика зеркальных ламп

Типы зеркальных ламп по светораспределению	Мощность (<i>вт</i>)	Световой поток (<i>лм</i>)		Максимальная освещенность на расстоянии 1 м (<i>лк</i>)	
		127 <i>в</i>	220 <i>в</i>	127 <i>в</i>	220 <i>в</i>
Широкого светораспределения	300	4400	3700	1400	1200
Преимущественно направленного светораспределения	200	2700	2200	1000	800
	300	4300	3600	1600	1300
Концентрированного светораспределения	300	4000	3700	3000	2800
	500	7800	6800	5900	5200

Для более эффективного использования осветительных установок в теплицах применяют подвижные установки, в которых лампы непрерывно перемещаются над стеллажами с растениями, совершая возвратно-поступательное движение. Подвижная система состоит из электродвигателя, редуктора и двух тросов — несущего и тягового. От электрического двигателя

мощностью 0,27 *вт* через редуктор, снижающий обороты двигателя, пере­матывается на звездочках пластинчатая цепь (типа цепи Галля).

К одному из пальцев этой цепи присоединяется тяговый трос диаметром 3 мм (рис. 84). Лампы движутся, перекатываясь на роликах по несущему тросу, диаметром 8 мм, со скоростью 0,4—2 м/мин и освещают площадь,

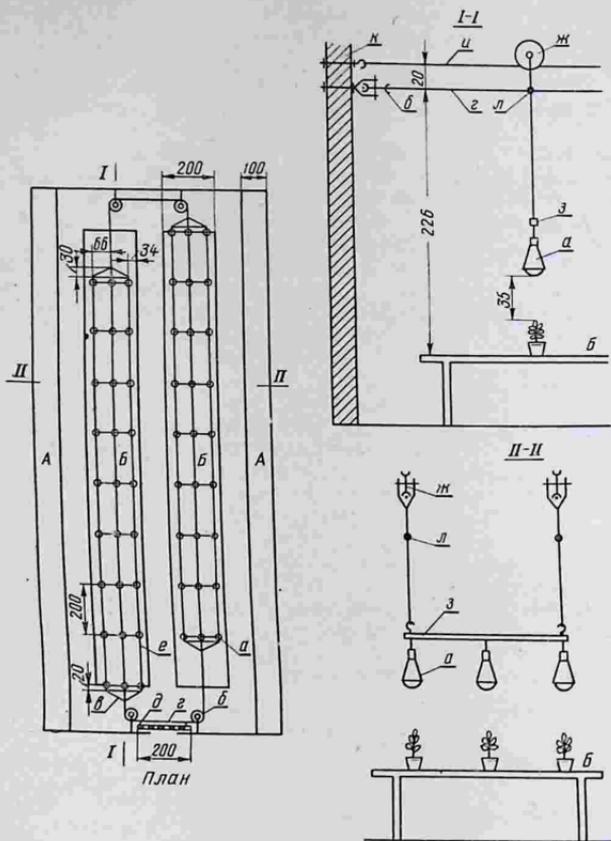


Рис. 84. Схема устройства подвижной электроосветительной установки в теплице:

а — лампы; б — ролики для тягового троса; в — траверсы; г — тяговый трос; д — цепь Галля; е — тросы, соединяющие траверсы; ж — ролики для перекатывания лампы; з — брусок для крепления лампы; и — несущий трос для роликов перекатывания; к — болты для навешивания тросов; л — место для крепления лампы к тяговому тросу; А — боковые стеллажи; В — центральные стеллажи.

в 2 раза большую в сравнении со стационарно размещенными лампами. При подвижной системе ламп меньше удельная установленная мощность, меньше опасность перегрева растений, более равномерно освещение и меньше расход электроэнергии на единицу продукции.

В зависимости от ширины стеллажа лампы монтируются по 2 или 3 шт. в ряд. При движении ламп в пределах 2 м и при монтаже двух ламп по 500 *вт* в ряду удельная мощность получается 250 *вт/м²*, а при трех лампах — 375 *вт/м²*.

В спектре ламп накаливания недостаточно синих и фиолетовых лучей; в нем много желтых и особенно красных и инфракрасных излучений. Поэтому при лампах накаливания получается перегрев растений на 10—12°, если лампы неподвижны, и на 5—7° в подвижной установке (рис. 85). Во избежание ожогов и гибели растений подвижные осветительные установки должны работать с устройствами, автоматически отключающими напряжение в случае прекращения движения установки.

В Агрофизическом институте получены интересные, с точки зрения перспективы развития электросветокультуры, результаты. При мощности лучистого потока на уровне вершин растений 250—300 $\text{вт}/\text{м}^2$ и длительности освещения в сутки 14—16 ч у томатов при горшечной культуре бутоны образуются на 12-й день после появления всходов.

В возрасте 20—22 дней томаты начинают цвести, к 30 дням у них завязываются плоды, а через 50 суток после посева начинается интенсивное покраснение. За 60 дней урожай плодов с 1 м^2 осветительной установки превышает 15 кг. На 1 м^2 размещается 25 или даже 36 растений. Затрата электроэнергии на 1 кг составляет 267 $\text{квт} \cdot \text{ч}$.

Из нормальных ламп накаливания при электросветокультуре используются с арматурой типа «Универсаль» лампы мощностью 300, 500 и 1000 вт с удельной мощностью 500—1000 $\text{вт}/\text{м}^2$. В зависимости от высоты подвеса ламп над растениями получается разная их облученность и освещенность (табл. 26).

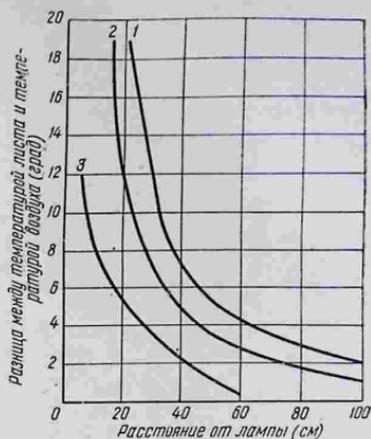


Рис. 85. Разница в температурах листа огурцов и воздуха в теплице в зависимости от расстояния от лампы:

- 1 — при лампе накаливания в 1000 вт ;
2 — при лампе накаливания в 500 вт ;
3 — при неоновой лампе НД-1.

ТАБЛИЦА 26

Облученность и освещенность растений при разной высоте подвеса лампы накаливания напряжением 220 в

Мощность ламп (вт)	Высота подвеса ламп над растениями (см)					
	25		50		100	
	$\text{эрг}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$	лк	$\text{эрг}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$	лк	$\text{эрг}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$	лк
300	31 800	5 300	7 920	1 320	1 980	330
500	57 600	9 600	14 400	2 400	3 600	600
1000	126 000	21 000	31 200	5 200	7 800	1 300

Равномерность освещения поперек стеллажа зависит от количества ламп в ряду и высоты их подвеса. На рисунке 86 приведены графики распределения освещенности при двух и трех зеркальных лампах по 500 вт .

Люминесцентные лампы в значительно большей степени отвечают требованиям растений. Например, спектральный состав света люминесцентных ламп типа ЛДЦ (дневного света) очень близок к рассеянному солнечному свету в летний день. Люминесцентные лампы излучают мало тепла и поэтому не могут вызвать перегрева, а тем более ожога листьев растений. Это позволяет размещать их над растениями на расстоянии 5—7 см, тогда как

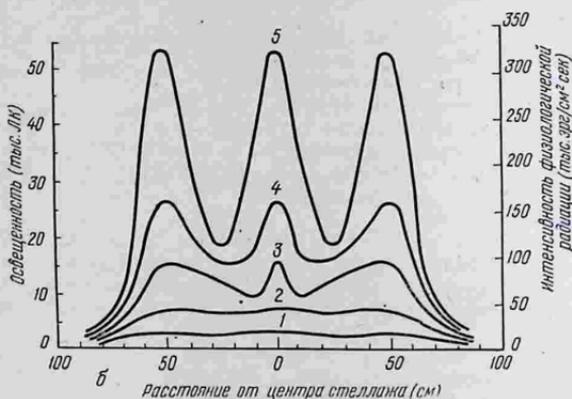
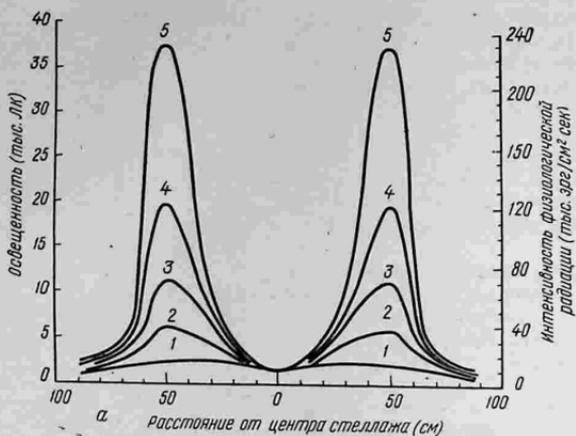


Рис. 86. Распределение освещенности поперек стеллажа шириной 1,8 м:

а — при двух вертикальных лампах по 500 вт; б — при трех таких же лампах; кривые при высоте подвеса: 1—100 см; 2—50 см; 3—35 см; 4—25 см; 5—15 см.

расстояние между растениями и лампами накаливания должно быть не менее 50—60 см.

Низкая температура люминесцентных ламп позволяет поддерживать высокую относительную влажность воздуха в зоне растений, которая необходима при выращивании огурцов и других влаголюбивых культур.

Светящаяся поверхность трубки люминесцентной лампы создает более равномерное распределение освещенности по сравнению с точечным источником света, каким является лампа накаливания.

При равной интенсивности физиологической радиации излучений люминесцентных ламп и ламп накаливания поглощение энергии зеленым листом растения происходит значительно полнее при использовании люминесцентных ламп. В результате при люминесцентных лампах у растений нормально развивается корневая система, стебли и листья темно-зеленой окраски.

Практика передовых тепличных хозяйств Московской и других областей показывает, что с помощью люминесцентных ламп можно получить

больший урожай с единицы площади теплицы, нежели при лампах накаливания.

Невысокая температура люминесцентных ламп позволяет использовать отражающие экраны, размещаемые на высоте 3—5 см над лампами. Экраны, направляя световой поток на растения, увеличивают их облученность и освещенность на 30—50% (табл. 27).

ТАБЛИЦА 27

Влияние экрана на облученность и освещенность растений люминесцентными лампами ЛДЦ-30 при удельной мощности 480 *вт/м²**

Расстояние между рамой и растениями (см)	Без экрана		С экраном	
	<i>эрг/см²·сек</i> (тыс.)	лк (тыс.)	<i>эрг/см²·сек</i> (тыс.)	лк (тыс.)
2	30	7,5	48	12,0
5	28	7,0	44	11,0
10	26	6,5	40	10,0
15	24	6,1	36	9,0
25	22	5,5	30	7,5
50	14	3,5	18	4,5

* В. М. Лемаи. Курс светокультуры растений. Госиздат высшей школы, М., 1961.

С целью максимального использования излучаемой лампами энергии и в то же время возможно меньшего загораживания ими доступа к растениям естественного света люминесцентные лампы монтируют параллельно друг другу в металлических рамах с расстоянием 60—90 мм между осями ламп.

Мощность всей рамы составляет 360 *вт*. Дроссели обычно помещают на бортах стеллажей или под стеллажами.

При выращивании рассады помидоров, огурцов или низкорослых растений (салат, редис) рамки располагают горизонтально над растениями. При выращивании высоких растений (высотой более 50 м) применяется вертикальное расположение рамок (рис. 87).

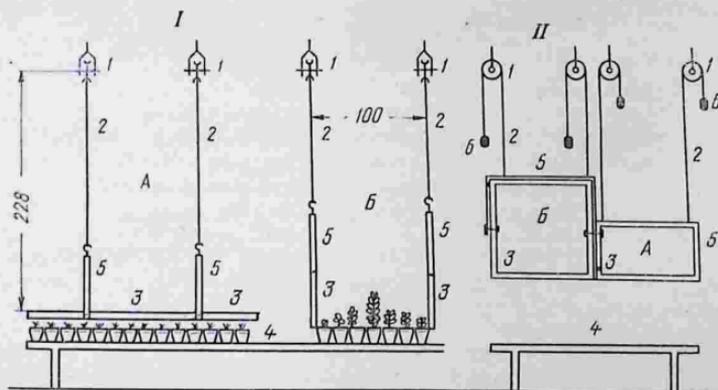


Рис. 87. Горизонтальное (А) и вертикальное (В) расположение рам с люминесцентными лампами:

1 — ролики для подвешивания рам; 2 — трос для подвешивания рамы; 3 — рамы с лампами; 4 — стеллажи; 5 — скобы для поворота лампы; 6 — противовесы.

Экранированные рамки с лампами, расположенными в 5—7 см от растений, создают температуру под лампами всего на 2—3° выше окружающего воздуха. При расстоянии между вертикальными рамками 50 см освещенность на поверхности листьев колеблется от 5000 до 7000 лк. При расстоянии 100 см освещенность снижается до 3500 лк.

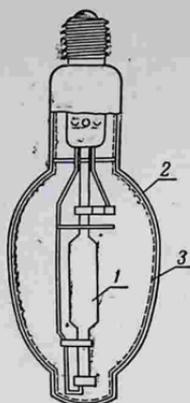


Рис. 88. Лампа ДРЛ: 1 — кварцевая газоразрядная трубка; 2 — грушеобразная стеклянная колба; 3 — люминофорный слой.

В солнечные дни убирают экраны и поднимают рамки над растениями.

Как показали экспериментальные работы кафедры электрификации сельскохозяйственного производства ТСХА (Л. Г. Прищеп), при повышении частоты тока с 50 до 500 гц светоотдача люминесцентных ламп повышается на 30% с одновременным уменьшением мощности и размеров дросселей и значительным упрощением монтажных схем.

Из новых источников облучения представляет интерес дуговая, ртутная, люминесцентная лампа под маркой ДРЛ. Лампа (рис. 88) состоит из кварцевой газоразрядной трубки с парами ртути и внешней грушеобразной стеклянной колбы с люминофорным слоем на внутренней поверхности из арсената магния с марганцем и литием.

Светоотдача ламп ДРЛ в зависимости от мощности составляет от 38 до 45 лм/вт.

Характеристика ламп ДРЛ приведена в таблице 28. Преимущества ламп ДРЛ перед люминесцентными заключаются в их компактности, меньших размерах и упрощении монтажа. Не менее важно то, что при лампах ДРЛ в сравнении с люминесцентными лампами эффективнее используется электрическая энергия. Так, по данным лаборатории искусственного климата ТСХА, при

ТАБЛИЦА 28

Характеристика ламп ДРЛ

Марка лампы	Мощность (вт)	Напряжение на лампе (в)	Ток (а)		Световой поток (лм)
			пусковой	рабочий	
ДРЛ-250	250	120—150	5,5	2	9 500
ДРЛ-500	500	120—150	12	4	21 000
ДРЛ-750	750	120—150	15	6	33 000
ДРЛ-1000	1 000	120—150	18	8	46 000

Срок службы лампы ДРЛ 3 000 ч.

затрате 1 квт·ч электроэнергии накапливается сухого органического вещества (г) почти вдвое больше:

Лампы	Томаты	Огурцы
ДРЛ	1,035	0,754
ДС	0,574	0,338

Выращивание ранней рассады и ранних овощей приобретает все большее значение. Рассада помидоров очень требовательна к свету. Сразу после появления всходов ей необходимо дать дополнительное освещение продолжительностью 10—12 ч в сутки. При более продолжительном освещении помидоры болеют и даже погибают. Освещенность

должна быть не менее 5—6 тыс. *лк* при мощности осветительной установки 350—400 *вт/м²*, то есть облученность растений будет 20—25 тыс. *эрг/см²·сек.*

До появления всходов температура в теплице должна быть круглосуточно 20—23°. В это время дополнительного освещения не требуется. После всходов надо, дав дополнительное освещение, понизить температуру до 11—12°, соблюдая такой режим в течение 3—4 дней. В последующие 4—5 дней температуру воздуха нужно постепенно повысить до 17—18°. Все последующее время, пока рассада растет при дополнительном освещении, температура воздуха должна быть 23°.

В течение 30—35 дней под люминесцентными лампами вырастают невысокие (12—15 см), но крепкие растения с толстыми стеблями и с 9—10 крупными темно-зелеными листьями.

Совхоз «Марфино» для экономии электроэнергии пользуется консервированной рассадой помидоров, выращенной при естественном освещении в конце лета. В начале ноября такую рассаду высаживают в теплицу и начинают освещать люминесцентными лампами по 8—10 ч в сутки. При таком способе первые плоды начинают собирать через два месяца, в начале января.

В центральных районах Советского Союза семена огурцов для выращивания рассады при искусственном освещении высевают с начала декабря. Продолжительность дополнительного освещения рассады должна быть 6—8 ч в сутки интенсивностью не менее 4—5 тыс. *лк*. Рассаду огурцов получают через 15—18 дней после всходов. После выращивания рассады растения высаживают на постоянное место.

Без дополнительного освещения для выращивания рассады огурцов требуется 45 дней, а для рассады помидоров — 60 дней.

Расход энергии на квадратный метр освещаемой площади за период роста рассады составляет при выращивании рассады огурцов 70 *квт·ч*, при выращивании рассады помидоров — 100 *квт·ч*, то есть на выращивание одного растения помидоров затрачивается 2 *квт·ч*, а на одно растение огурцов — 1 *квт·ч* электроэнергии.

Оптимальными сроками операций при выращивании ранних овощей в закрытом грунте принято для средних широт СССР считать следующие.

Операции	Томаты	Огурцы
1. Посев	1—5 января	15—25 декабря
2. Высаживание рассады на постоянное место	1—5 февраля	15—25 января
3. Начало сбора урожая	1 мая	10—20 марта

Приспосабливаясь к природным условиям, можно добиться значительных результатов в выращивании ранних овощей. На широте Москвы, например, начиная с марта, растения получают уже достаточно солнечного света для своего развития. В этих районах овощеводами выработан такой прием, что в феврале высевают в теплице, оборудованной дополнительным электрическим освещением, семена огурцов, а через некоторое время и томаты. Полученную раннюю рассаду в марте высаживают в грунт теплиц без электрического освещения, где и культивируют при естественном свете.

Практика показывает, что 1 *м²* теплицы, освещаемой электричеством, даст 25 штук рассады огурцов, которые при рассаживании занимают 8 *м²* теплицы без электрического освещения. По томатам 1 *м²* освещенной теплицы дает 100 штук рассады, а рассаживают их на 30 *м²* теплицы. Такой способ выращивания ранних овощей намного снижает потребность в оборудовании и в электроэнергии.

Хорошие результаты получаются при комбинированном использовании люминесцентных ламп с лампами накаливания. Помимо улучшения спектра

излучения, использование ламп накаливания в комбинации с люминесцентными позволяет заменить тяжелые и дорогие дроссели, представляющие индуктивное сопротивление, омическим сопротивлением ламп накаливания. При выращивании рассады томатов наилучшие результаты получены при соотношении мощностей люминесцентных ламп и ламп накаливания 3 : 1 при общей удельной мощности 400 $вт/м^2$, но, видимо, это соотношение для разных культур будет неодинаковым.

Созданный в ВИЭСХ светильник, состоящий из одинакового количества люминесцентных ламп и ламп накаливания (рис. 89), имеет соотношение мощностей ламп 2 : 3, то есть с преобладанием спектра ламп накаливания. Чтобы исключить возможность ожога растений в комбинированном светильнике, лампы накаливания смонтированы выше люминесцентных ламп на 250—300 $мм$.

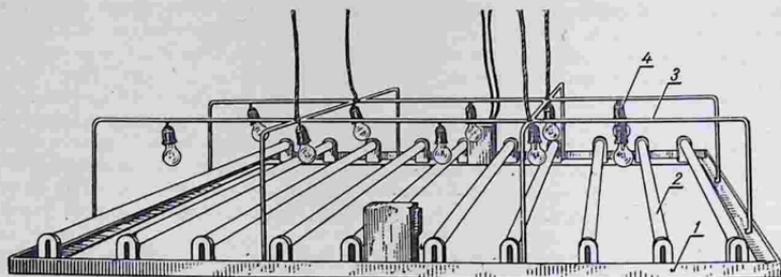


Рис. 89. Комбинированный светильник конструкции ВИЭСХ для облечения растений: 1 — рамка светильника; 2 — люминесцентная лампа; 3 — скобы рамки; 4 — лампа накаливания.

С наименьшими затратами электроэнергии на единицу продукции и проще всего можно вырастить лук на перо. Для этой цели наиболее подходящими являются люминесцентные лампы. При боковом освещении люминесцентными лампами лук дает сухого вещества в 3 раза больше, чем при верхнем освещении.

При выращивании лука на перо рамки с люминесцентными лампами располагают среди растений вертикально. При этом получается хорошо используемое луком объемное освещение, чего нельзя достигнуть при освещении только сверху.

При другом способе выращивания лука луковицы выносят в выгоночные помещения, лишённые всякого освещения, и оставляют там при температуре воздуха 20° до тех пор, пока листья лука не достигнут длины 30—35 $см$. На это уходит около 10 суток. Затем растения лука с двух сторон освещают люминесцентными лампами непрерывно в течение 24—28 ч. За это время листья лука полностью зеленеют, и, таким образом, вся выгонка лука на перо заканчивается за 11—12 дней с минимальными затратами электроэнергии.

Выращивание ранней и сверхранней рассады должно иметь очень большое распространение. Выращивание же зимой овощей может применяться только в благоприятных условиях электроснабжения, например вблизи мощных гидроэлектростанций, имеющих свободную мощность и дешёвую энергию, или вблизи крупных промышленных центров.

При электросветокультуре разных растений в зависимости от вида и даже сорта растений, климатической зоны, времени года и т. д. применяется соответствующая технология выращивания растений при определенной интенсивности и продолжительности облечения.

В таблице 29 приведена примерная технология и режимы (температуры, влажности и облечения) при выращивании ранней рассады и ранних овощей — томатов и огурцов — в условиях средних широт СССР.

ТАБЛИЦА 29

Технология и режимы выращивания ранней рассады и ранних овощей — томатов и огурцов — при использовании люминесцентных ламп

Показатели	Томаты		Огурцы	
	рассада	овощи	рассада	овощи
Оптимальный срок посева	1—5/1	—	15—25/XII	—
Высадка растений на постоянное место	1—5/II	1—5/II	15—25/1	15—25/1
Удельная мощность люминесцентных ламп ($вт/м^2$)	350—400	500—600	350—400	450
Общая продолжительность светлого периода в сутки (ч)	16—18	18	12	12
в том числе продолжительность горения ламп (ч)	10—12	9—10	8—10	8—10
Расстояние от ламп до растений (см)	3—5	3—5	3—5	3—5
Плотность растений ($шт/м^2$)	100	8—10	25	4
Интенсивность облучения (тыс. $эрг/см^2 \cdot сек$)	20—25	25—35	20—25	30
Освещенность (тыс. $лк$)	5—6	6—8	5—6	6
Относительная влажность воздуха (%)	50—60	50—60	85—95	85—95
Температура воздуха в теплице (град):				
а) до появления всходов круглосуточно	20—23	—	20—23	—
б) после образования первого листа в течение 3—4 дней	11—12	—	20—22	—
в) последующие 4—5 дней	17—18	—	20—22	—
г) все последующие дни	23	23—25	20—22	20—23
Начало сбора урожая	—	1/V	—	10—20/II

Во всех случаях электросветокультуры растений нельзя допускать разрывов во времени между естественным и искусственным освещением. Также недопустимо включать освещение, хотя бы и на короткое время, в почные для растений часы, так как это нарушает ход фотопериодической реакции у растений.

Выращивание рассады томатов под люминесцентными лампами осуществляется за 25—30 дней вместо 50—60 при естественном освещении. Урожай томатов при использовании люминесцентных ламп составляет 6—8 $кг/м^2$. Расход электроэнергии в среднем составляет около 200 $квт \cdot ч/кг$. При лампах накаливания урожай всего 2 $кг/м^2$.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ БОРЬБЫ С НАСЕКОМЫМИ-ВРЕДИТЕЛЯМИ

Для борьбы с летающими насекомыми-вредителями садов и огородов, а также с летающими насекомыми, беспокоящими скот в ночное время в животноводческих помещениях, может быть с успехом применен так называемый световой метод. Он основан на привлечении в ночные часы летающих насекомых-вредителей на свет электрической лампочки и на уничтожении их тем или другим способом.

На Конгрессе по защите растений, проведенном в Югославии в 1957 г., указывалось, что в США общая сумма потерь на плантациях, вызываемых насекомыми-вредителями, равна 2000 млн. долларов в год.

Химическая обработка не всегда дает должный эффект, так как в дождливые сезоны химические вещества быстро смываются дождем, к тому же некоторые виды насекомых-вредителей постепенно вырабатывают к ним иммунитет. Инсектисиды, включающие свинец, мышьяк, фтор, фосфор

и цианистый калий, оставляют следы яда на плодах и травах, а поэтому опасны для использования.

Кроме пахучих веществ, на которые реагируют летающие насекомые, энтомологи исследовали применение электромагнитных волн и полей высокой частоты. Наиболее значительные результаты достигнуты в исследовании и использовании излучений оптической части спектра.

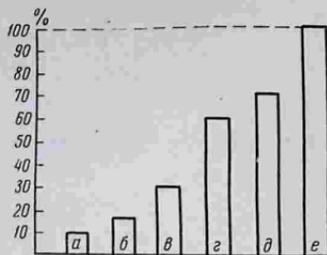


Рис. 90. Сравнительная интенсивность лёта насекомых-вредителей в саду в зависимости от окраски света:

a — красный; б — зеленый; в — желтый; г — голубой; д — белый; e — ультрафиолетовые излучения.

Установлено, что летающие насекомые реагируют на свет в зависимости от интенсивности источника света и от длины волны излучения. Так, они относительно сильнее привлекаются электролампочками небольшой мощности (40—60 вт), больше реагируют на белый свет, чем на желтый, слабее всего на красный и обнаруживают наибольшую чувствительность к фиолетовому и ультрафиолетовому излучениям (рис. 90). Электролампы, излучающие радиацию, близкую к невидимой ультрафиолетовой части спектра с длиной волны 0,36 мк, интенсивно привлекают насекомых-вредителей в дальних расстояниях.

Установлено также, что погода, в частности температура и влажность воздуха, облачность, ветер, оказывают влияние на интенсивность лёта насекомых.

Массовый лёт насекомых начинается при температуре наружного воздуха выше 20° С и прекращается при падении температуры до 8° С (рис. 91). В летние месяцы лёт начинается около 8 ч вечера, после захода солнца, к 9 ч лёт достигает максимальной интенсивности (рис. 92).

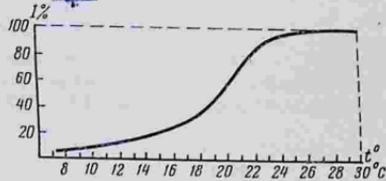


Рис. 91. Кривая интенсивности лёта насекомых-вредителей в зависимости от температуры воздуха.

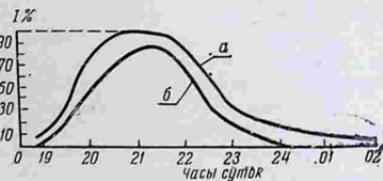


Рис. 92. Кривые интенсивности лёта насекомых-вредителей в различное время суток: а — при температуре воздуха 27—24° С; б — при температуре воздуха 22—18° С.

При относительной влажности воздуха, превышающей 75%, интенсивность лёта значительно уменьшается. Если влажность еще более повышается, лёт прекращается.

Электроустановки для обнаруживания, привлечения и уничтожения насекомых-вредителей в сельском хозяйстве должны конструироваться с учетом рассмотренных факторов.

В зависимости от условий и поставленной задачи применяются разные конструкции электроловушек.

Ловушка насекомых с лампой и приемником (рис. 93) состоит из обычной 60 или 100 вт электрической лампы накаливания с водонепроницаемым патроном. Лампа помещается над приемником, содержащим жидкость, привлекающую или отравляющую насекомых. Приемник прикрепляется к жестяному рефлектору четырьмя проволочками-пружинами. Лампочка должна быть на 15 см выше уровня жидкости. Привлекаемые светом насекомые ударяются о рефлектор и, падая в сосуд с жидкостью, погибают. Такие ловушки для защиты садов устанавливаются на высоте 3 м от земли

в количестве 8 штук на гектар. пойманных насекомых скармливают домашней птице и рыбам, если не были использованы отравляющие вещества.

Иногда приемник имеет форму таза с площадью поверхности 1 м^2 , наполненную водой. Электрическую лампочку 50 вт монтируют в патроне с жестяным отражателем и размещают на высоте 30 см над поверхностью жидкости. Прибор устанавливают на расстоянии 1 м от земли. Около него помещают электрическую лампочку в 25 вт в 6 м от земли для приманки насекомых.

Недостаток рассмотренных приемников в том, что они быстро наполняются насекомыми и нуждаются в частой очистке.

В другом типе электросветоловушки вместо сосудов с жидкостью лампочку устанавливают в открытом конце раструба (рис. 94) с расположенными за ней вентилятором и электродвигателем мощностью $0,6 \text{ квт}$. Летящие на свет лампы насекомые вместе с воздухом засасываются вентилятором и попадают по трубе в мешок, расположенный на ее конце, где они затем и уничтожаются. В таких ловушках, успешно используемых во Франции, для привлечения насекомых установлена кварцевая лампа, излучающая ультрафиолетовые лучи.

Этот тип ловушки, как показали наблюдения, может уничтожать за одну ночь около 400 тыс. насекомых. В США такие ловушки применялись

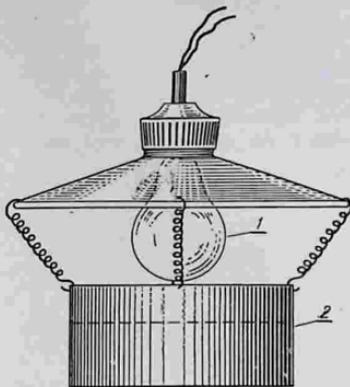


Рис. 93. Электросветоловушка насекомых с лампой накаливания и приемником:

1 — лампа накаливания; 2 — приемник для уловленных насекомых.

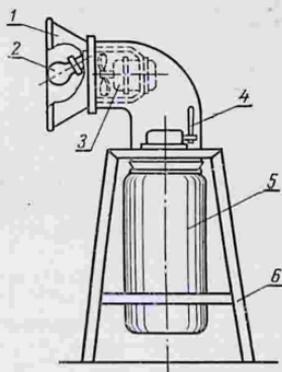


Рис. 94. Электросветоловушка с вентилятором:

1 — металлический раструб; 2 — лампа; 3 — электродвигатель с вентилятором; 4 — пускатель; 5 — мешок; 6 — рама.

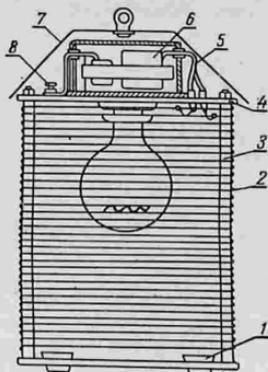


Рис. 95. Электросветоловушка высокого напряжения:

1 — чашки для приманивающей жидкости; 2 — сетка; 3 — фарфоровые стойки; 4 — каркас; 5 — выводы ВН; 6 — трансформатор $0,22/1,5 \text{ кв}$; 7 — стальная крышка; 8 — зажимы ПН.

в амбарах — хранилищах табака для уничтожения насекомых и на табачных плантациях для обнаруживания вредителей.

В электросветоловушках третьего типа электрическую лампочку размещают внутри сетки, выполненной из тонкой проволоки (рис. 95). На сетку

подают высокое напряжение порядка 1500 в от небольшого с воздушным охлаждением трансформатора, размещенного над лампой. К лампе и трансформатору подводят низкое напряжение 127 или 220 в. Обычно лампочку в сетке размещают на высоком (6—7 м) столбе и устанавливают в ягольнике или саду.

Высокое размещение светолоушки диктуется соображениями безопасности для людей и животных, а также возможностью привлечения на свет насекомых с большей территории.

Привлекаемые светом или каким-либо пахучим веществом насекомые летят на сетку и, соприкасаясь с проволокой, сторают или получают,

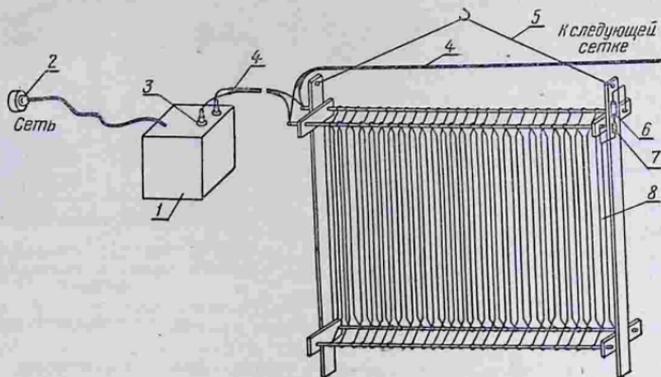


Рис. 96. Электросветолоушка, устанавливаемая в оконных проемах:
1 — трансформатор 0,22/2,5 кВ; 2 — розетка осветительной сети на 220 в;
3 — выводы ВН; 4 — провод ВН; 5 — подвеска истребителя; 6 — неоновая
лампа — указатель высокого напряжения; 7 — сопротивление к лампе 5 Мом;
8 — высоковольтный проволоочный истребитель.

повреждения, ведущие к гибели. Эти ловушки эффективны также и в закрытых сельскохозяйственных помещениях (на молочных фермах, в свинарниках и т. п.). Они особенно эффективны, когда используются лампы, излучающие ультрафиолетовые лучи. Время от времени сетку надо очищать от насекомых при выключенном напряжении.

На этом принципе могут быть устроены электросветолоушки, размещенные в оконных проемах скотных дворов, для борьбы с насекомыми в летнее время. Для безопасности такие электросветолоушки должны быть защищены с обеих сторон деревянными жалюзи.

На рисунке 96 приведена конструкция электроистребителя насекомых, созданного на кафедре электрификации сельского хозяйства ТСХА (автор Л. Г. Прицеп). Насекомое, летящее в скотный двор или из скотного двора, вынуждено пролетать между проволоками высокого напряжения; при этом происходит высоковольтный разряд, и насекомое погибает. Расстояние между проволоками взято таким, что насекомое, пролетая, не задает их, но от разряда погибает, не засоряя рамки с проволоками. Установка испытывалась в ухозе ТСХА «Щапово» и дала положительные результаты.

Приведенные конструкции по борьбе с вредителями очень просты по устройству и доступны к изготовлению на месте. Они могут быть также использованы в летнее и ночное время в животноводческих помещениях в качестве точек дежурного освещения и одновременно для уничтожения насекомых в этих помещениях.

В ряде зарубежных стран электросветовым методом борьбы с вредными насекомыми придается большое значение.

Так, установка, показанная на рисунке 97, распространена во Франции. Источником света в ней служит флуоресцентная трубка 15 или 30 см

ультрафиолетового света. Трубка монтируется над воронковидным жестяным приемником (конус или трапеция), снабженным внутренними перегородками, образующими лабиринт, который не позволяет насекомым выползти. Привлеченные ультрафиолетовыми лучами насекомые падают через отверстие приемника в лабиринт и остаются в ловушке или падают в нижнюю часть приемника, содержащую яд. Такие установки используются для обнаруживания вредителей на табачных и хлопковых плантациях и в садах. Они просты по устройству и расходуют энергии, работая 24 ч в сутки, 10 *квт·ч* в месяц.

Помимо «световых» методов борьбы с летающими насекомыми-вредителями, применяются в тех же целях электроприборы для нагревания твердых инсектицидов.

Использование приборов для нагревания твердых инсектицидов электричеством от нагревателей мощностью 60—100 *вт* привело к отличным результатам по защите от вредителей и болезней растений в теплицах и животных на фермах. Твердый инсектицид или фунгид, нагреваемый в контейнере, плавится и испаряется в виде «аэрозольного» тумана, который покрывает животных или растения тонким слоем инсектицида, уничтожая насекомых-паразитов. В закрытых помещениях слой аэрозоля защищает от вредных насекомых достаточно продолжительный срок. Опыт фермеров Англии показал, что это очень эффективное средство защиты в помещениях объемом от 1400 до 4200 м^3 .

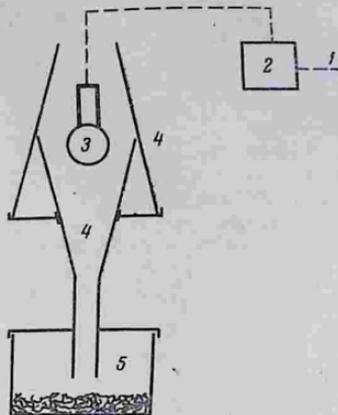


Рис. 97. Схема электросветоловушки, распространенной во Франции: 1 — подача энергии; 2 — автоматический выключатель, замыкающий цепь с 20 до 24 ч; 3 — ультрафиолетовая лампа; 4 — две стеклянные воронки; 5 — приемник, содержащий вату, смоченную этилацетатом.

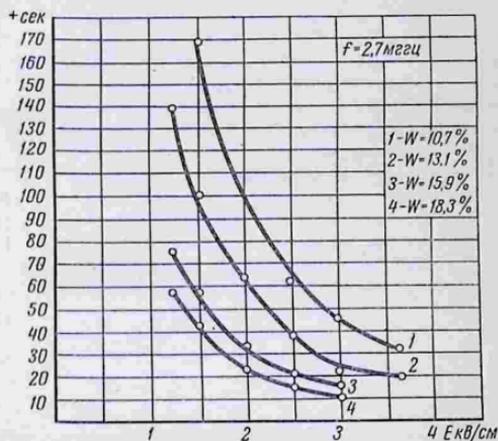


Рис. 98. Зависимость обеззараживающих экспозиций от напряженности электрического поля при разной влажности зерна.

избирательно нагревается, а затем охлаждается. Принцип действия высокочастотных установок основывается на тепловом эффекте. В электрическом поле высокой частоты тепло выделяется по всей массе нагреваемого материала.

В силу того факта, что в куколках и личинках насекомых, находящихся в зерне, содержится больше влаги, чем в зерне, при температуре 54—55° С, при которой насекомые уничтожаются, зерно не повреждается.

Уничтожение насекомых производится при частоте 1—2 Мгц за период 12—210 сек, в зависимости от напряженности электрического поля и влажности зерна.

Средний расход электрической энергии на тонну обрабатываемого зерна составляет 24 *квт·ч*. Генератор мощностью 40 *квт* с частотой 1 Мгц может обработать 3 т зерна в час.

Дозировка, необходимая для уничтожения, зависит не только от температуры и продолжительности обработки, но также и от напряженности поля высокой частоты и влажности зерна. На рисунке 98 видно, как резко уменьшается время обработки зерна с увеличением напряженности электрического поля и влажности зерна.

3. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПТИЧНИКАХ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЯЙЦЕНОСКОСТИ КУР

В короткие дни осенне-зимнего периода птица потребляет меньше корма, жизнедеятельность ее понижается, и яйценоскость кур в это время, особенно в неотапливаемых курятниках, резко сокращается, а чаще совсем прекращается.

Чрезвычайно простым, дешевым и весьма эффективным приемом поддержания и увеличения яйценоскости кур во внесезонное время является применение добавочного освещения.

Добавочное электрическое освещение птичников в средних широтах СССР целесообразно начинать с октября и проводить до середины марта, включая в 6 ч утра до рассвета и вечером — с наступлением сумерек — до 20—21 ч.

Внезапное включение или выключение света нарушает нормальный режим и привычки птицы, поэтому полезно при включении света утром и особенно при выключении его вечером изменять силу света постепенно, в течение 10—15 мин, создавая таким образом искусственный утренний рассвет и наступление вечерних сумерек.

По тем же причинам рекомендуется вводить добавочное освещение в птичнике осенью и прекращать его весной не сразу, а постепенно: осенью в первый день дать добавочное освещение на 15—20 мин утром и вечером, а в последующие 8—10 дней постепенно увеличивать его продолжительность и таким образом довести общую продолжительность светового дня, включая и часы естественного света, до 12—14 ч в сутки.

С увеличением продолжительности естественного светового дня также постепенно нужно уменьшать продолжительность добавочного освещения весной перед окончательным его прекращением.

Суточная продолжительность (в ч) электрического освещения в птичниках по месяцам года в средних широтах СССР примерно должна быть следующей:

октябрь	7	январь	11
ноябрь	10	февраль	10
декабрь	11	март	7

Норма освещенности на полу птичника при добавочном освещении рекомендуется около 15—20 *лк*, что соответствует приблизительно удельной мощности ламп накаливания 4—6 *вт* на 1 м² площади пола, а люминесцентных ламп 3,5 *вт/м²*. Лампы накаливания применяют 60-ваттные из расчета 1 лампа на 60—70 кур с высотой подвеса над полом 2,5 м и расстоянием между лампами 3—4 м.

Использование ползунковых реостатов при устройстве искусственного рассвета и искусственных сумерек в эксплуатации очень неудобно. Наиболее

удобны установки по дополнительному освещению в птичниках с полуавтоматическим и автоматическим управлением. Принцип таких установок основан на регулировании подводимого к лампам напряжения путем плавного изменения активного или индуктивного сопротивления в цепи, а следовательно, и плавного изменения величины освещенности, создаваемой лампами.

Одним из простых и доступных к изготовлению на месте устройств полуавтоматического типа для постепенного включения и выключения дополнительного освещения в небольших птичниках может служить прибор, схема которого показана на рисунке 99. Прибор представляет собой водяной реостат. В качестве сосудов для реостата применяются две стеклянные банки емкостью по 1 л каждая. Электролитом служит раствор столовой соды в дистиллированной воде из расчета 0,5—1,5 г на 1 л.

Между банками имеется круг из изоляционного материала, заложенный между двумя резиновыми прокладками.

Банки могут на оси поворачиваться на 180°. Внутри сосудов, на изоляторе, разделяющем банки, укрепляются две одинаковые трубки и два электрода, изготовленные из нержавеющей стали. Трубки длиной 80 мм имеют внутреннее сверление и своими выходными отверстиями направлены в разные банки. Выходное отверстие у трубок диаметром 0,5 мм на длине 2 мм, а входное отверстие диаметром 6 мм на длине 78 мм. Такие размеры отверстий позволяют выполнить продолжительность наступления «рассвета» или продолжительность наступления «сумерек» в течение 14—16 мин, что вполне приемлемо.

Электроды размещаются в одной из банок. Расстояние между электродами 70 мм, их площадь 3000 мм² (20 × 150 мм). Электроды включаются в цепь последовательно с лампочками и с сетевым выключателем СВ. Параллельно реостату ставится шунтирующий выключатель ШВ, который при длительной работе лампочек не допускает перегрева водного раствора в реостате.

Для получения искусственного рассвета в птичнике, например, в 6 ч утра, реостат устанавливают так, что банка с электродами повернута книзу, шунтирующий выключатель выключен, сетевой — включен.

Вода, перетекая из верхней банки в нижнюю, постепенно увеличивает активную площадь электродов, затопляя их. Сопротивление электрической цепи уменьшается, ток возрастает, и лампочки постепенно увеличивают силу света. При достижении полного рассвета выключатель шунтирует реостат, что предохраняет электролит от перегрева. С наступлением естественного дня дополнительное освещение выключают сетевым выключателем.

В 4—5 ч вечера сетевым выключателем вновь включают дополнительное освещение до 20—21 ч. После этого, чтобы устроить искусственные сумерки, банки поворачивают так, что банка с электродами оказывается вверх и шунтирующий выключатель выключен.

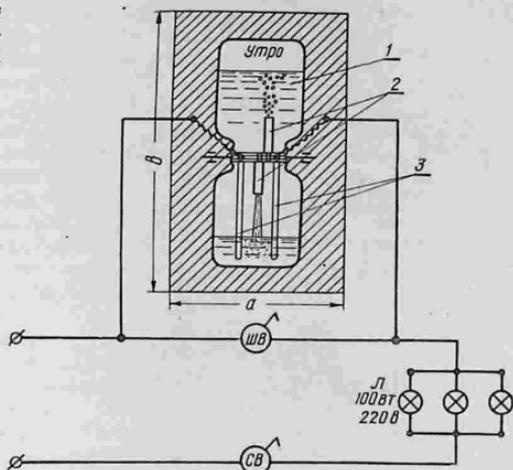


Рис. 99. Полуавтоматический водяной реостат для устройства «рассвета» и «сумерек» в птичниках: 1 — банка; 2 — трубки; 3 — электроды; ШВ — шунтирующий выключатель; СВ — сетевой выключатель; Л — лампы.

Вода, перетекая из верхнего сосуда в нижний, постепенно уменьшает площадь электродов, погруженную в раствор. Это увеличивает сопротивление, отчего снижается ток в цепи электроламп; они постепенно меркнут, и создается подобие сумерек. На следующее утро весь цикл операций повторяется.

Другая, более совершенная установка по полуавтоматическому устройству искусственного рассвета и искусственных сумерек в крупных птичниках может быть выполнена по схеме, приведенной на рисунке 100. В ней напряжение на лампах изменяется регулировочным реостатом путем передвижения ползунка реостата от двигателя, включаемого в работу контактно-

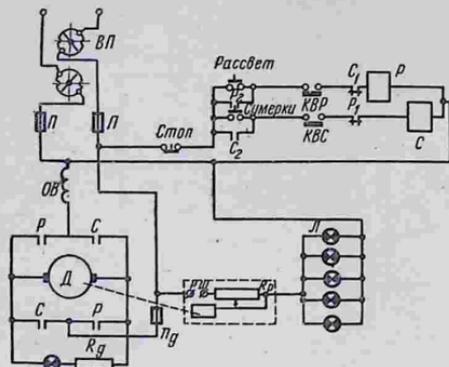


Рис. 100. Электрическая схема установки дополнительного освещения в птичниках с полуавтоматическим управлением.

довательно с лампами, то с уменьшением сопротивления они постепенно увеличивают освещенность в птичнике. Когда сопротивление реостата будет полностью выключено, лампы будут гореть полным накалом, а перемещенный в левое крайнее положение движок реостата нажмет специальным упором на конечный выключатель рассвета *KBP* и разорвет цепь катушки контактора *P*; двигатель будет отключен от сети.

Соответственно при нажатии кнопки «Сумерки» автоматически создается режим наступления сумерек и полного затемнения.

Одновременно включить кнопки «Рассвет» и «Сумерки» невозможно благодаря механической блокировке.

Для перехода к полностью автоматизированной установке можно в рассмотренной схеме кнопки «Рассвет» и «Сумерки», нажимаемые от руки, заменить контактами, замыкаемыми от реле времени или контактных часов. Контакты реле времени, замыкая цепь катушек *P* и *C* в заданные часы суток, будут автоматически обеспечивать соответственно режимы рассвета или сумерек.

Промышленностью выпускается для управления освещением в птичниках автомат типа К-8, состоящий из программного устройства и фотореле. Программное устройство включает освещение в заданное время, а при наступлении естественного рассвета срабатывает фотореле и отключает освещение. Вечером при наступлении сумерек фотореле включает освещение, а программное устройство в 21 ч, например, отключит 85% общей мощности освещения, а через 20 мин отключится остальная часть освещения. Таким образом, вечером в течение 20 мин создаются искусственные сумерки, и птица успевает рассаживаться на насестах.

Расход электроэнергии на дополнительное освещение в птичнике не превышает 1,5 *квт·ч* в год на одну несушку, а годовая яйценоскость кур при этом повышается на 15—20% и более.

Дополнительное электрическое освещение в птичниках, разумеется при соответствующем кормлении и уходе за птицей, позволяет получать яйца в такое время года, когда они особенно дефицитны.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ультрафиолетовые излучения делят на три области (табл. 13):

а) область ближних излучений (область А) с длиной волн от 0,38 до 0,315 *мк*;

б) область средних излучений (область В) от 0,315 до 0,28 *мк*;

в) область дальних излучений (область С) с излучениями короче 0,28 *мк*.

Излучения области А широко применяются для люминесцентного анализа, особенно при определении качества многих сельскохозяйственных продуктов.

Излучения области В обладают антирахитным действием, что связано со способностью излучений этой области превращать провитамин D в активно действующий витамин D. Поэтому излучения области В используются как стимулятор роста молодняка животных и птицы и как средство борьбы с рахитом.

Излучения области С отличаются бактерицидным действием и используются для стерилизации воздуха, воды, посуды, а также для возбуждения светящихся составов в люминесцентных лампах. Растения под этими излучениями погибают.

Применение излучений области А в сельском хозяйстве. Люминесцентный метод качественного анализа сельскохозяйственных продуктов основан на том, что всякое вещество, помещенное под ультрафиолетовые лучи, начинает светиться особым, свойственным только данному веществу цветом. Люминесцентный анализ сельскохозяйственных продуктов состоит в том, что исследуемые продукты облучаются в затемненной камере невидимыми ультрафиолетовыми лучами области А. Продукты начинают светиться различным цветом и с различной яркостью, в зависимости от их качества.

Люминесцентный анализ может быть использован для сортировки шелковых коконов, куриных яиц при определении их «возраста» в пределах первых двух недель, для проверки качества мяса, молока, рыбы, лука, свеклы, грибов, муки, зерна и т. д.

В таблице 30 приводятся цвета некоторых пищевых продуктов, годных и не годных к употреблению, при их облучении ультрафиолетовыми лучами области А.

Для люминесцентного анализа в качестве источника ультрафиолетовых излучений используются лампы СВД-120, ПРК-2, ПРК-4, ЭУВ-15 и др. Поток, излучаемый лампой, пропускается через фильтр, задерживающий видимые и пропускающий невидимые ультрафиолетовые лучи. В качестве фильтра может быть использовано черное увиолевое стекло марки УФС-1 и УФС-3, изготовляемое промышленностью. Пропущенный через фильтр ультрафиолетовый поток направляется на стол, на который кладут исследуемые образцы. На рисунке 101 приведен люминескоп КП-1МП, предназначенный для проведения люминесцентного анализа. В качестве источника ультрафиолетового излучения в аппарате использована ртутно-кварцевая лампа СВДШ-250-3, смонтированная в кожухе, обеспечивающем воздушное охлаждение лампы. Для выделения ультрафиолетовой радиации применен черный стеклянный увиолевый светофильтр УФС-3 с максимумом пропускания излучений 0,365 *мк*.

Цвета свечения некоторых сельскохозяйственных продуктов, годных и не годных к употреблению

Наименование продуктов	Цвет продукта при облучении		Характеристика не годного продукта
	годного	не годного	
Мясо—говядина	Темно-красный	Ярко-розовые точки	Мясо заражено личинками глистов
Зерна пшеницы	Зеленый	Желтый	Пострадавшие от сырости
Мука пшеничная	Синеватый	Фиолетовый	С присутствием спорыньи
Куриные яйца	Красный	Бледно-желтый	Хранившиеся не менее двух недель
Луковица в разрезе	Фиолетовый	Желтовато-белый	Заболевшая сырой гнилью
Картофель в разрезе	Ярко-желтый или серовато-коричневый	Пятна черного цвета	Сильная степень поражения фитофторой
Рыба (лещ, судак, севрюга, треска)	Тусклое зеленовато-синеватое свечение	Оранжевые участки и пылающие красные пятна	Явно испорченный продукт

Для люминесцентного анализа семян, в частности для определения их жизнеспособности, а также для определения качества сельскохозяйственных продуктов промышленность выпускает ультрафиолетовый осветитель КР-1Н, в котором в качестве источника ультрафиолетового излучения применена ртутная лампа СВД-120А, излучающая лучи с длиной волны 0,365 мк. Питают лампу от сети напряжением 127 в.

Массовое сортирование плодов и овощей с помощью люминесцентного анализа осуществляют на конвейерных установках в затемненных камерах, оборудованных облучающими ультрафиолетовыми приборами и светофильтрами.

Достоинства люминесцентного анализа заключаются в простоте, универсальности, достаточной точности и скорости исполнения.

Применение излучений области В в сельском хозяйстве. Недостаток естественных ультрафиолетовых лучей в зимний период и особенно в северных широтах часто вызывает рахитные заболевания у молодняка животных и птицы и отрицательно сказывается на их росте и развитии. Облучение животных и птицы ультрафиолетовыми лучами области В способствует быстрому росту молодняка (поросят, цыплят и др.) и предупреждает возникновение рахита, а также увеличивает продуктивность животных и яйценоскость кур.

Рахит чаще всего возникает при недостаточности в молодом организме солей фосфора и кальция, усвояемость которых зависит от наличия в организме витамина D — витамина роста. В свою очередь витамин D образуется в коже животного из эргостерина только под действием ультрафиолетовых лучей с длиной излучений 0,28—0,315 мк, то есть лучей области В.

Облучение оказывается необходимым с ноября по апрель, когда естественная, солнечная, ультрафиолетовая радиация по сравнению с летом

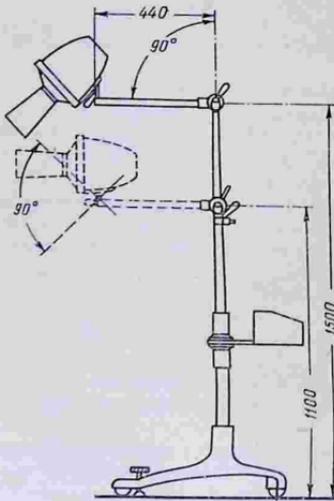


Рис. 101. Люминескоп КР-1 МП:

уменьшается в десятки раз, а животные не могут использовать и эту уменьшенную радиацию, так как содержится в помещениях, в которые через обыкновенное оконное стекло ультрафиолетовые излучения не проходят.

Необходимая ежедневная доза облучения, проверенная экспериментально, составляет в среднем около 10—12 мин при использовании лампы ПРК-2 без арматуры с расстоянием между лампой и животным 1 м.

Кроме ламп ПРК-2, неподвижные облучающие ультрафиолетовые установки могут быть выполнены эритемными люминесцентными лампами ЭУВ, данные о которых были приведены в таблице 17.

Институтом биофизики АН СССР* при использовании ламп ЭУВ предложены нормы ежедневного облучения сельскохозяйственных животных, приведенные в таблице 31.

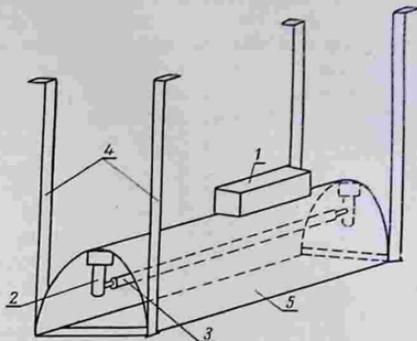


Рис. 102. Светильник для ламп ЭУВ: 1 — дроссель; 2 — патрон лампы; 3 — лампа; 4 — подвески; 5 — колпак-отражатель.

ТАБЛИЦА 31

Ориентировочные нормы ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных и птицы

Вид и возраст животных	Суточная доза облучения (мэрг/м ²)
Телята до шести месяцев	120—140
Телата старше шести месяцев	160—180
Телки и петели	180—210
Коровы и быки	270—290
Поросята подсосные	20—30
Поросята на откорм	60—80
Цыплята при содержании на полу	15—20
Цыплята при содержании в клетках	20—25
Несушки при содержании на полу	40—50

Эритемная облученность у различных источников ультрафиолетового излучения (мэрг/м²) в зависимости от расстояния лампы от животного (м) выражается следующими величинами.

Тип лампы	1 м	1,5 м	2 м	2,5 м
ПРК-2	475	319	180	114
ПРК-4	420	186	105	67
ЭУВ-15	20	8,9	5,0	3,2
ЭУВ-30	42	18,6	10,6	6,5

Арматура, применяемая для ламп ЭУВ, имеет корытообразную форму (рис. 102). Изготавливается она из жести на одну или две лампы. Арматура с лампами ЭУВ подвешивается на высоте не менее 2,5 м от пола животноводческого помещения. Так как лампы ЭУВ при пониженных температурах загораются и работают неустойчиво, то для повышения температуры монтируют одну или две лампы накаливания непосредственно под отражателем лампы ЭУВ.

* «Рекомендация по ультрафиолетовому облучению сельскохозяйственных животных и птицы». АН СССР, М., 1962.

При содержании животных в станках или стойлах и птицы в клетках применяют передвижные облучающие установки.

В установках подвижного типа источники ультрафиолетового облучения — лампы ПРК-2 — подвешены на несущих тросах, натянутых над серединой станков, и передвигаются со скоростью 0,3 м/мин вдоль всего свинарника, поочередно облучая поросят, размещенных в станках. Перемещение ламп осуществляется с помощью электродвигателя типа АОЛ-21-4 мощностью 0,25 квт, редуктора и тягового троса, протянутого параллельно несущим тросам. Высота подвеса ламп над спинами животных 1,2 м.

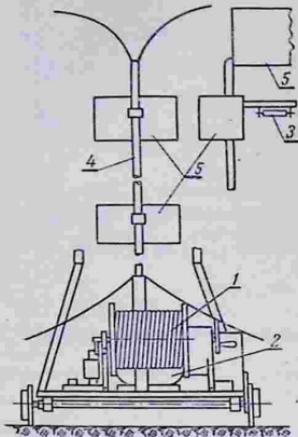


Рис. 103. Тележка для ультрафиолетового облучения кур при клеточном содержании (вид сверху); 1 — барабан с кабелем; 2 — электродвигатель; 3 — лампа ПРК; 4 — металлическая стойка; 5 — отражатель.

Питание осуществляется от сети 220 в по четырехжильному кабелю с резиновой изоляцией. Четвертая жила используется для защитного заземления. Источником ультрафиолетовых лучей служат две лампы ПРК-2. Лампы расположены одна на высоте 0,9 м, а другая 2 м от пола. Они могут быть переставлены на другую высоту.

Скорость движения тележки 0,2 и 0,5 м/мин. Через 10 мин после зажигания ламп включается двигатель, и тележка передвигается по коридору между рядами клеток, облучая кур. В цехе несушек Братцевской птицефабрики облучалось более 2000 кур, при этом увеличение яйценоскости доходило до 10%. Расход электроэнергии на облучение составляет, в зависимости от выбранной дозы, от 0,015 до 0,06 квт·ч на голову в месяц.

В электрооборудование широкогабаритных птичников входит механизированная установка для облучения птицы ультрафиолетовыми лучами (рис. 104). Вначале включают рубильники P_2 и P_3 , а затем, замыкая кнопки K_1 и K_2 , добиваются зажигания ламп. Через 10 мин после зажигания включают рубильник P_1 . Лампы, сделав один проход вдоль кормушек, автоматически переключаются на обратный ход переключателем $П$.

Облучение ультрафиолетовыми лучами сельскохозяйственных животных и птицы при незначительных затратах дает большой экономический эффект.

Опыт облучения поросят в племенном хозяйстве «Константиново» Подольского района Московской области показал, что поросята, регулярно облучаемые, за четыре месяца прибавили в весе по сравнению с контрольными на 40%. Падеж в облучаемой группе составляет 4% против 21% в контрольной группе.

В другом опыте, в совхозе «Петровское», облучалось 1100 поросят. Каждый из них за четыре месяца дал по сравнению с контрольными по 9 кг дополнительного привеса. Всего было получено 9900 кг дополнительной продукции.

Облучение кур-несушек в зимнее время повышает их яйценоскость на 15%. Ультрафиолетовое облучение оказывается в 3—7 раз дешевле расходов на подкормку витамином D, содержащимся в рыбьем жире.

В птичниках целесообразно применять комбинированные установки, обеспечивающие одновременно ультрафиолетовое облучение и дополнительное освещение, удлиняющее световой день для птицы.

Дозировка ультрафиолетового облучения и нормы освещенности при дополнительном освещении определяют соотношение светового и эритемного потоков как 5:1 лк/мэр. В ВИЭСХ разработана комбинированная эритемоосветительная установка, состоящая из двух ламп ЭУВ и одной лампы накаливания 40 вт, которые монтируются в одном светильнике.

Ультрафиолетовые излучения биологически активной зоны В также дают хорошие результаты при предпосевной обработке семян пшеницы, кукурузы и других культур.

Проверка в ряде краев и областей СССР этого приема показала, что при облучении семян кукурузы ультрафиолетовыми лучами от ламп ПРК увеличивается всхожесть семян на 5—10%, энергия прорастания на 15—20% и повышается урожайность зерновых и кукурузы на 10%, а кукурузы на силос на 10—20%.

В Запорожском филиале ВИЭСХ создана установка для предпосевого облучения семян кукурузы ультрафиолетовыми лучами в виде качающегося транспортера с размещенными над ним девятью лампами ПРК-7. Зерно, попадая из бункера на транспортер, перемещается, подвергаясь ультрафиолетовому облучению. Выделяющаяся при движении зерна пыль удаляется вентилятором с приводом от электродвигателя.

Общая мощность установки 12 квт. Производительность ее на зерновых колосовых 0,7—1 т/ч, на кукурузе 1,2—1,5 т/ч. Облучение проводят за 2—5 дней до высева.

Стимулирующее действие ультрафиолетовых излучений наблюдалось при продолжительности облучения семян от ламп ЭУВ-15 и БУВ-15 в течение 2—20 мин и от ламп ПРК-2 в течение 1—10 мин. Увеличение продолжительности облучения приводило к отрицательным результатам.

Использование излучений области С в сельском хозяйстве. Излучения области С могут быть использованы для обеззараживания воды, посуды, воздуха в хранилищах и т. п. Стерилизация посуды с применением ультрафиолетовых излучений может быть особенно желательна в тех случаях, когда применение химических дезинфицирующих веществ или кипячение неудобно. При стерилизации штевовой воды ее пропускают тонким слоем под рядом бактерицидных ламп или же излучающие лампы в соответствующую

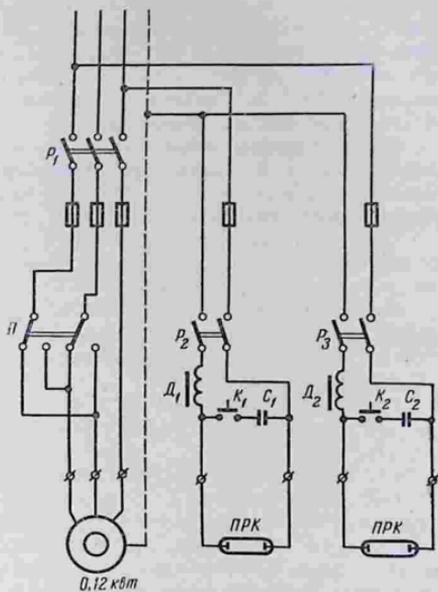


Рис. 104. Схема установки УФЛ для облучения птицы.

щей изоляции помещают в текущей воде, и обработанная таким образом вода поступает в распределительный резервуар.

В ВИЭСХ разработаны установки по обеззараживанию воды ультрафиолетовыми излучениями с непогруженными типа УОВ-5Н и с погруженными типа УОВ-6П источниками облучения.

Испытывается новая установка по обеззараживанию воды с погруженными источниками излучения. В качестве источника бактерицидного излучения используются шесть ламп типа БУВ-60П. Производительность установки $12 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для стерилизации воздуха в хранилищах и, в частности, в мясохранилищах применяют бактерицидное ультрафиолетовое излучение. Определение мощности установок такого рода и необходимого количества бактерицидных ламп мощностью 45 вт или 30 вт проводится из расчета $0,3\text{--}2,5 \text{ вт}$ мощности на 1 м^3 камеры хранилища. Удельная мощность берется тем больше, чем меньше объем камеры.

Бактерицидные лампы могут быть использованы также для стерилизации воздуха в родильных помещениях, в помещениях для молодняка животных, птицы и т. п. Электрические и световые параметры бактерицидных ламп приведены в таблице 18.

Неправильное использование ультрафиолетовых установок с точки зрения несоблюдения правил техники безопасности может вызвать серьезные заболевания у персонала.

Продолжительное облучение незащищенных частей тела ультрафиолетовыми лучами приводит к образованию болезненной эритемы, а систематическое облучение большими дозами может вызвать возникновение злокачественных опухолей.

Излучения областей С и В могут вызвать воспаление слизистой оболочки глаз — конъюнктивит, сопровождающееся болезненным ощущением наличия песка в глазах. Ультрафиолетовые излучения областей С и В приводят к образованию озона и окислов азота в помещении.

В порядке выполнения требований по технике безопасности рекомендуется исключить возможность длительных облучений от источников ультрафиолетовых лучей и прямое попадание лучей в глаза работающим, а также систематически вентилировать помещения, где работают ультрафиолетовые установки. Для защиты глаз от ультрафиолетовых лучей следует пользоваться очками из дымчатого или толстого обыкновенного стекла.

Защищать глаза облучаемых животных или птиц не требуется.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧЕЙ

В сельском хозяйстве находят применение и невидимые инфракрасные лучи. Они обладают большой проникающей способностью, могут проникнуть в глубь облучаемого материала на $0,1\text{--}2 \text{ мм}$.

В Запорожском филиале ВИЭСХ создан электрический прогреватель зерна. Поток инфракрасных лучей в аппарате создается плитами из огнеупорных материалов, в которые вмонтированы электрические нагреватели. В прогревателе имеются две наклонные линии желобчатых барабанов, которые обеспечивают постепенное перемещение потока зерна сверху вниз по камере сушки. Инфракрасные лучи, воздействуя на медленно движущееся зерно, нагревают его до $40\text{--}50^\circ$ и подсушивают.

Съем влаги с зерна при начальной влажности 20% составляет 6%. Электроэнергии на 1 кг испаренной воды расходуется $0,52 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, а на тонну зерна — $36 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Производительность нагревателя $2\text{--}2,5 \text{ т}/\text{ч}$. Установленная мощность излучателей 90 кВт .

Электрические лампы накаливания мощностью $100\text{--}1000 \text{ вт}$ являются дешевыми источниками инфракрасных лучей для сушки и обогрева, так

как в общем потоке излучений этих ламп на долю тепловых приходится 86%. Особенно удобны сушильные лампы или термоизлучатели ЗС. Они имеют со стороны цоколя параболические зеркальные отражатели для ламп 500 *вт* и сферические для ламп 250 *вт*.

Сушильные лампы-термоизлучатели и обыкновенные лампы накаливания весьма часто применяются в установках по обогреву подсосных порослят, а также инкубаторных цыплят в первые недели жизни.

Цыплята в первые дни их жизни должны находиться в среде с температурой 32° С. В течение первого месяца температура должна постепенно снижаться с +32 до +20° С.

Цыплята в первые дни жизни занимают в 5—6 раз меньшую площадь по сравнению с цыплятами месячного возраста, поэтому поддержание высокой температуры во всем птичнике вызвало бы непроизводительный расход энергии. Обогревая только ту площадь, где находятся цыплята, можно значительно сократить ее расход.

Электрические обогреватели для цыплят, удобные в отношении регулирования температуры и обслуживания, выпускаются двух типов: с нагревателями в виде спиралей из нихромовой проволоки, намотанной на керамические основания, и с нагревательными инфракрасными лампами.

Обогреватель типа БИ-500 (рис. 105) рассчитан на обогрев 500—600 цыплят до месячного возраста. Обогреватель состоит из корпуса, инфракрасных ламп ЗС-3, термореле, подвески и щитка. Общая мощность его 2 *квт*.

Лампы ЗС-3 рассчитываются на пониженную температуру накала вольфрамовой спирали, поэтому доля инфракрасных излучений у них значительно больше, чем у ламп накаливания. По той же причине и служат они дольше — 2000 ч.

Подвеска обогревателя позволяет регулировать его высоту над полом птичника.

Заданная температура под обогревателем поддерживается с помощью термореле, а устанавливается выбором высоты подвеса обогревателя над полом, которая может изменяться от 0,8 до 1,5 м, и включением определенного количества ламп.

Первые 10 дней выращивания цыплят в обогревателе включены все четыре лампы. С 11 до 15 дней, чтобы снизить температуру под обогревателем, одну лампу отключают, но через термореле включается одна лампа. С 15 до 20 дней включены также три лампы, но через реле включены две лампы, с 20 до 25 дней включены две лампы, и одна из них включена через термореле.

Общий вес обогревателя 14,2 кг. Питание обогревателя осуществляется с помощью кабеля от сети 220 в.

Электрические обогреватели с нагревательными элементами в виде нихромовых спиралей на керамическом основании отличаются от инфракрасных обогревателей тем, что цыплята под ними обогреваются теплым воздухом, который нагревается элементами.

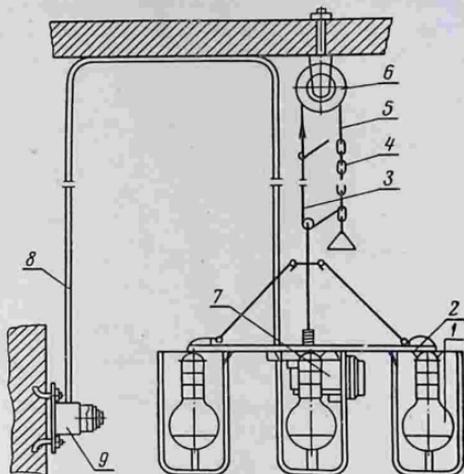


Рис. 105. Обогреватель БИ-500:

1 — лампы ЗС-3; 2 — корпус обогревателя; 3 — подвеска; 4 — цепь; 5 — трос; 6 — блок; 7 — термореле; 8 — кабель; 9 — щиток.

Корпус обогревателя выполнен в виде металлического зонта, под которым размещены нагревательные элементы и термореле. Необходимая температура под обогревателем задается установкой термореле, а поддерживается она с помощью включения и отключения нагревательных элементов. Электрообогреватель, рассчитанный на обогрев 500 пыليات, имеет четыре нагревательных элемента по 500 *вт* каждый. Подвеска обогревателя аналогична подвеске инфракрасного обогревателя, кроме того, зонт имеет специальные ножки, высота которых регулируется, то есть регулируется высота установки зонта над полом или подстилкой птичника.

Лампы накаливания мощностью 40—60 *вт* иногда используют в зимнее время при подогревании воды для поения кур. Лампу в этом случае закрепляют в жестяном цилиндре, помещенном в резервуаре с подогреваемой водой. Резервуар на 5 л с подогревающей лампой в 60 *вт* обеспечивает теплой водой 50 кур.

Использование инфракрасных лучей для периодического обеззараживания животноводческих помещений должно входить в комплекс зоотехнических мероприятий, направленных на повышение продуктивности животноводства. На кафедре электрификации сельскохозяйственного производства ТСХА был изготовлен и испытан с положительными результатами электродезинсектор под маркой ЭД-2 (автор ассистент В. В. Тарасов).

Аппарат (рис. 106) состоит из алюминиевого отражателя прямоугольной формы, укрепленного на полой металлической ручке длиной 1,5 м, в которой проходит электропровода. Внутри отражателя по его длинной оси смонтирован открытый электронагреватель, выполненный из нихромовой проволоки. При включении аппарата в сеть 220 *в* температура нагреваемого элемента достигает 700—800°. При накрывании отражателем обрабатываемой поверхности пола образуется замкнутое пространство, в котором воздух и ограниченный отражателем участок поверхности, в зависимости от экспозиции и степени влажности поверхности, нагреваются до температуры 100—300°.

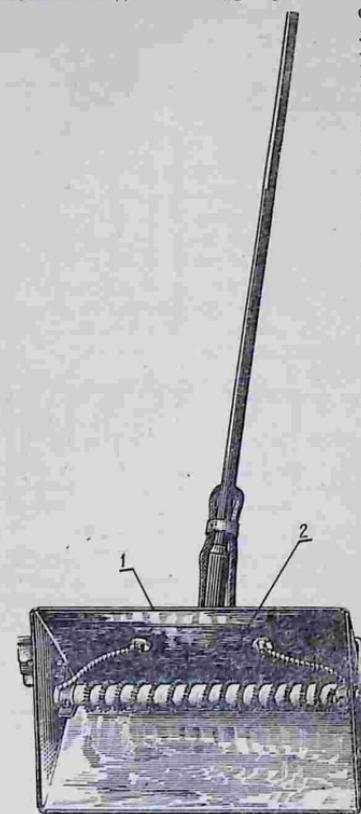


Рис. 106. Электродезинсектор ЭД-2:
1 — отражатель; 2 — электронагреватель.

Опытные образцы аппарата ЭД-2 изготовлены двух размеров: 200 × 300 и 200 × 500 мм, то есть с активной площадью 600 и 1000 *см*², и имеют соответственно мощность 2,2 и 3,6 *квт*.

Данные электроаппарата ЭД-2

Время, необходимое для полного обеззараживания 1 м ² пола (<i>мин</i>):	
а) от яиц гельминтов	3,0
б) от бактерий кишечного тифозной группы	3,0
в) от спорных бактерий и плесени	6,0
Мощность аппарата (<i>квт</i>)	2,2
Расход электроэнергии за час работы аппаратом (<i>квт-ч</i>)	2,2
Вес аппарата (<i>кг</i>)	3,0

Для обеззараживания пола и стен в животноводческих помещениях аппарат перемещают по обрабатываемой поверхности.

Результаты большого количества опытов, проведенных в производственных условиях, показали, что при десятисекундной экспозиции кишечная палочка во всех опытах полностью уничтожалась. Спорная микрофлора и плесень с экспозицией 20—25 сек уменьшалась на 99,9%, то есть практически исчезала.

Инфракрасные лучи применяются также для уничтожения амбарных насекомых и вредителей, что использовано, например, в перевозном дезинсекторе мешкотары, созданном в Запорожском филиале ВИЭСХ (рис. 107).

Установка состоит из корпуса с тепловой изоляцией, в котором установлен бесконечный цепной транспортер с крючками и излучателями инфракрасных лучей.

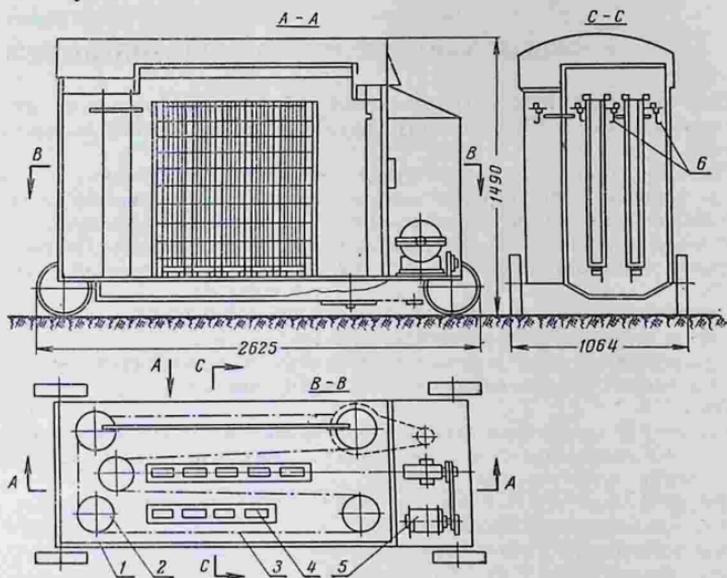


Рис. 107. Электрический дезинсектор мешкотары:

1 — корпус с тепловой изоляцией; 2 — звездочки; 3 — цепной транспортер; 4 — излучатели; 5 — электропривод; 6 — крючки для подвешивания мешков.

Мешки, подлежащие дезинсекции, подвешивают на крючках транспортера. Двигаясь по замкнутому кругу, мешки облучаются и обеззараживаются. Цепной транспортер приводится в движение от электродвигателя мощностью 0,5 *квт*. Мощность излучателей инфракрасных лучей 18,5 *квт*.

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ НА ПОЛЕВЫХ РАБОТАХ

Одним из решающих условий получения высоких урожаев является выполнение полевых работ в наиболее сжатые сроки. Проведение полевых работ в почные часы, помимо более полного использования машинно-тракторного парка, позволяет заметно сократить продолжительность периода выполнения полевых работ.

В большинстве случаев для освещения полевых работ применяются обычные автотракторные фары марки ФГ-23 с мощностью ламп 21 и 32 *св*. Одной фарой можно осветить площадь размером 5 × 12 *м* со средней освещенностью 15 *лк* и колебаниями от 3 до 30 *лк*.

4 Использование электрических двигателей в сельском хозяйстве

Глава первая

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

При электрификации сельскохозяйственного производства основная роль принадлежит электрическому двигателю как источнику механической энергии.

Система, состоящая из двигателя, передаточного механизма от двигателя к рабочей машине и аппаратов управления, называется приводом.

Рабочая машина может приводиться в движение человеком, силой животного, текущей водой, ветром, паром и электричеством. Соответственно привод получает: название ручной, конный, механический и электрический.

Электроприводом называется привод, в котором рабочая машина приводится в движение электродвигателем.

Преимущества электропривода перед любым видом механического привода вытекают из основных свойств, которыми обладает электрический двигатель.

Наличие у электродвигателя только вращательного движения обуславливает предельную простоту его конструкции и большую долговечность по сравнению с поршневым тепловым двигателем.

Постоянная скорость вращения отвечает требованиям технологии большинства сельскохозяйственных работ. Использование электродвигателем энергии постороннего источника освобождает от необходимости иметь при электроагрегате какой-либо запас топлива.

Продолжительность пускового периода у электродвигателя очень кратковременна (секунды, а иногда доли секунд) и не зависит от метеорологических условий. Это важное обстоятельство в условиях сельского хозяйства, так как зимние, весенние и осенние работы в сельском хозяйстве выполняются при пониженных температурах воздуха и часто совершаются в неотапливаемых помещениях. Помимо прямой экономии времени, быстрый пуск электродвигателя не сопровождается какими-либо подготовительными операциями (заливка горючего, масла, воды) и не требует больших физических усилий, часто неизбежных при запуске тепловых двигателей.

Сельскохозяйственные машины, как правило, работают при сопротивлениях, меняющихся в значительных пределах. В этих условиях перегрузочные способности приводного электрического двигателя приобретают особое значение. В современном тепловом поршневом двигателе из-за недостаточной его перегрузочной способности необходимо оставлять резервную мощность специально для преодоления временных сопротивлений, в противном случае двигатель остановится.

При равной мощности у электродвигателей значительно меньший вес, чем у двигателей внутреннего сгорания.

Электромагнитный процесс, лежащий в основе преобразования в электродвигателе электрической энергии в механическую, не связан с хими-

ческими или высокотемпературными процессами. Благодаря этому отсутствуют выхлопные газы и создаются лучшие санитарно-гигиенические условия труда с электродвигателями по сравнению с двигателями внутреннего сгорания, в основе работы которых лежат теплохимические процессы.

В сложных машинах и агрегатах для упрощения кинематических схем, улучшения работы отдельных органов и машины в целом, а также для повышения коэффициента эксплуатационной надежности машины применяется многодвигательный привод. Он возможен только в виде электропривода. Опыт электрификации зерноочистительных пунктов показал высокую

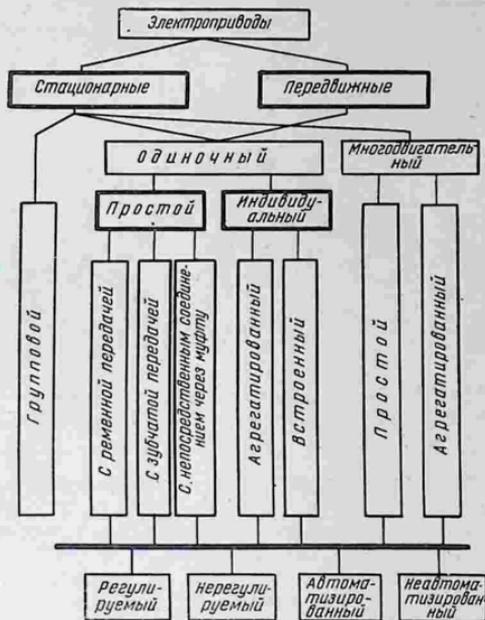


Рис. 108. Классификация электроприводов, применяемых в сельском хозяйстве.

эффективность многодвигательного электропривода, выразившуюся в значительном сокращении рабочей силы, улучшении работы установки и повышении ее надежности.

При конструировании приводов всегда стремятся всемерно приблизить двигатель к рабочей машине, сводя промежуточные звенья к минимуму. При полном сращивании двигателя с рабочей машиной, когда детали двигателя используются в качестве рабочих органов, получается наиболее совершенный тип машин, носящих название электрифицированных или машин с встроенным электроприводом.

Высказанные принципиальные положения об особых преимуществах электропривода в условиях сельского хозяйства подтверждаются положительными результатами работы электроприводов в машинно-тракторных мастерских, на молотье, очистке, сортировании, сушке и размоле зерна, на орошении и водоснабжении, на кормоприготовлении и других многочисленных электроприводных установках в сельском хозяйстве, а также на ряде специальных установок по электрификации сельского хозяйства, как, например, на электродойке, электрострижке, установках по уборке навоза и т. д.

Электроприводы в сельском хозяйстве можно разделить на стационарные и передвижные. Стационарные применяются в основном на машинах в животноводстве, в предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственных продуктов, в подсобных предприятиях колхозов и совхозов. Передвижные электроприводы обслуживают полевые установки, машины в закрытом грунте, дождевальные, транспортные и другие установки.

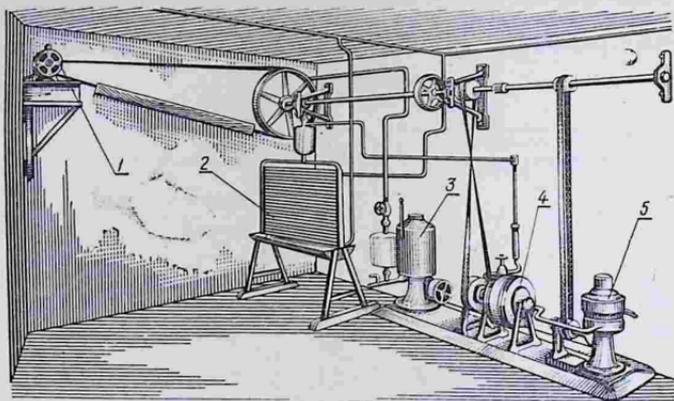


Рис. 109. Групповой электропривод в молочной:
1 — электродвигатель; 2 — охладитель; 3 — пастеризатор; 4 — маслобойка; 5 — сепаратор.

Общее представление о примерной классификации электроприводов дает рисунок 108.

Электроприводы делятся в зависимости от числа машин, обслуживаемых одним электродвигателем, или, наоборот, по числу электродвигателей, занятых в одной установке. По этому признаку различают групповой, одиночный и многодвигательный электроприводы.

Различают электроприводы также по характеру связи двигателя с рабочей машиной (агрегатированный, встроенный). Электроприводы в зависимости от системы управления делятся на автоматизированные, неавтоматизированные или частично автоматизированные. По технологическим признакам различают регулируемые и нерегулируемые электроприводы.

Групповой электропривод характеризуется тем, что электродвигатель приводит в движение группу машин через общий вал и систему шкивов. Групповой привод в сельском хозяйстве находит применение в кормоприготовительных цехах на животноводческих фермах, в молочных (рис. 109).

Одиночный электропривод характеризуется тем, что при одиночном электроприводе каждая рабочая машина приводится в движение от отдельного электродвигателя.

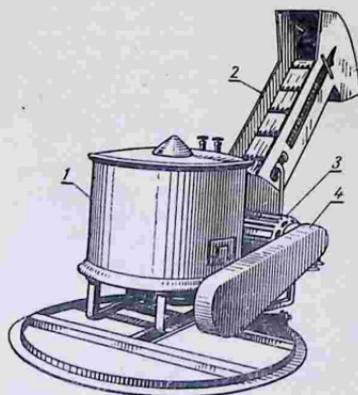


Рис. 110. Схема простого одиночного электропривода корнерезки-корпе-
клубомейки МРК-5:

1 — мощный барабан; 2 — транспортер;
3 — электродвигатель; 4 — передача.

Одиночный электропривод — это основной вид привода в сельском хозяйстве. Его преимущества по сравнению с групповым заключаются в уменьшении потерь электроэнергии и в увеличении производительности агрегата.

По виду передачи движения от электродвигателя к рабочей машине различают простой одиночный и индивидуальный приводы.

При простом одиночном приводе движение от электродвигателя к рабочей машине передается через систему механических передач. Примером такого привода может служить привод корнеклубной машины-корнерезки МРК-5 (рис. 110).

При индивидуальном электроприводе соединение электродвигателя с рабочей машиной осуществляется без сложной системы передач, требуются лишь некоторые конструктивные изменения в рабочей машине. По степени сращивания двигателя с рабочей машиной в индивидуальных приводах различают агрегатированный и встроенный приводы.

При агрегатированном электроприводе, несмотря на конструктивные переделки рабочей машины, сохраняются еще некоторые

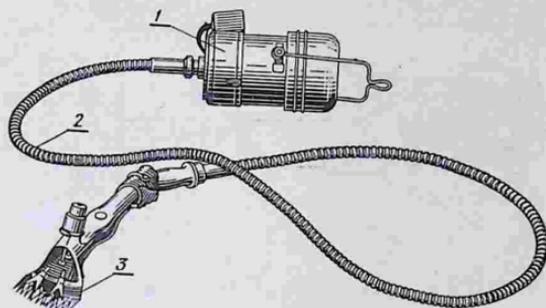


Рис. 111. Агрегатированный электропривод машинки для стрижки овец:

1 — подвесной электродвигатель; 2 — панцирь гибкого вала; 3 — стригальная машинка.

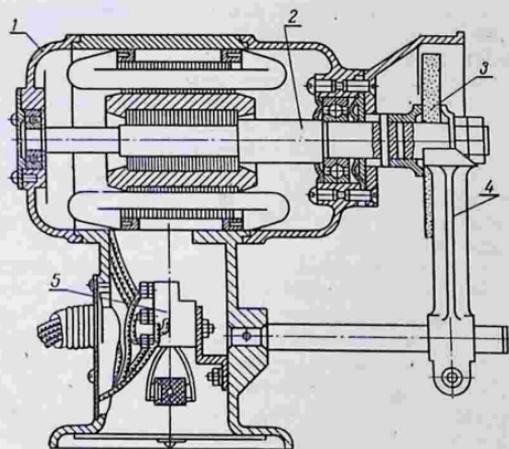


Рис. 112. Электроточильный агрегат:

1 — электродвигатель; 2 — вал ротора; 3 — абразивный круг; 4 — подвеска; 5 — выключатель.

элементы механических передач между машиной и двигателем (гибкая связь, муфты и т. д.), но рабочая машина и двигатель представляют собой единый агрегат.

На рисунке 111 изображен агрегатированный привод машинки для стрижки овец.

Стригальная машинка и электродвигатель с передачей в виде гибкого вала представляют собой единый агрегат.

На рисунке 112 показан точильный агрегат с непосредственным размещением абразивного круга на валу ротора электродвигателя.

При встроенном электроприводе отсутствует механическая передача, а некоторые части электродвигателя конструктивно сливаются с исполнительным механизмом рабочей машины.

Например, патрон для закрепления электроотвертки является деталью вала электродвигателя (рис. 113).

Многодвигательный электропривод. Для уменьшения потерь энергии в механических передачах и ликвидации самих передач в сложных машинах и агрегатах рационально применять несколько

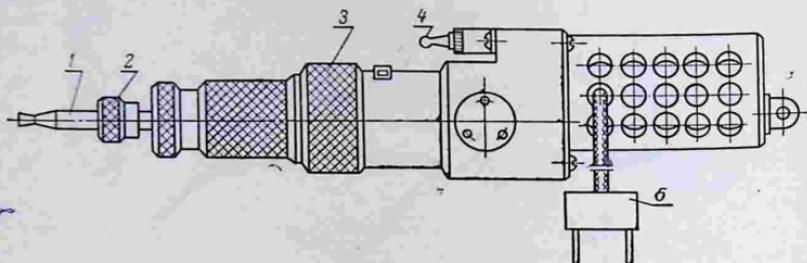


Рис. 113. Электромеханическая отвертка:

1 — отвертка; 2 — патрон; 3 — электродвигатель; 4 — выключатель; 5 — штепсельная вилка.

двигателей — отдельно для каждой машины в агрегате или каждого основного узла сложной машины. Такой вид привода называется многодвигательным. При этом легче достигается автоматическое управление работой отдельных элементов агрегата или узлов машины, упрощаются кинематические схемы и конструкции, повышается эксплуатационная надежность отдельных узлов и установки в целом.

Различают простой и агрегатированный многодвигательные электроприводы. При простом многодвигательном электроприводе электродвигатели приводят в движение отдельные машины агрегата или узлы установки без существенных конструктивных изменений.

Примером простого многодвигательного электропривода может быть полностью электрифицированный комплексный молотильный агрегат, состоящий из молотилки типа МС-1100, транспортирующих устройств и зерноочистительных машин.

Более совершенным надо считать агрегатированный многодвигательный электропривод. Система двигателей и система исполнительных механизмов выполняют комплексный производственный процесс. При этом отдельные электродвигатели соединяются непосредственно с исполнительными механизмами в агрегаты, создавая в рабочей машине наиболее завершённые конструктивные формы. Например, агрегатированный многодвигательный электропривод осуществлён в электрифицированном инкубаторе «Рекорд-39», в котором система из шести двигателей, соединённых с исполнительными механизмами в отдельные агрегаты (агрегат для увлажнения, агрегат для поворота лотков, электровентиляционные агрегаты), выполняет сложный производственный процесс искусственного выведения цыплят.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В сельском хозяйстве наибольшее распространение имеют двигатели трехфазного переменного тока и главным образом короткозамкнутые. Меньше распространены двигатели с контактными кольцами и почти не применяются коллекторные двигатели. Однофазные двигатели переменного тока находят применение в сельском хозяйстве для привода маломощных

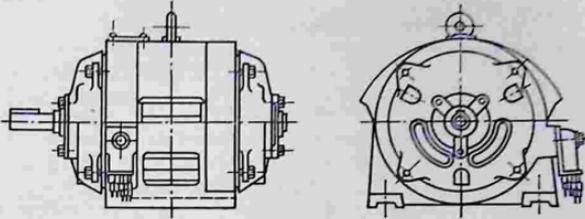


Рис. 114. Электродвигатель защищенного типа.

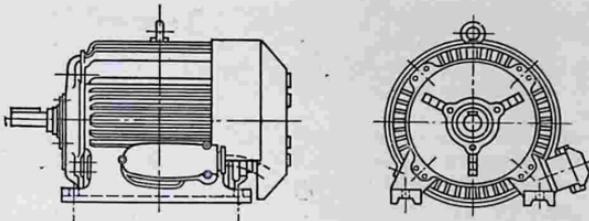


Рис. 115. Электродвигатель закрытый, обдуваемый.

вентиляторов, электродрелей, швейных машин и т. д. В больших ирригационных системах, где требуются крупные мощности для перекачки воды, применяют синхронные двигатели.

Двигатели постоянного тока имеют очень малое распространение. Они встречаются там, где требуется широкое регулирование скорости вращения, например в электрокарах.

В сельском хозяйстве работают сотни тысяч трехфазных асинхронных двигателей единой серии типов А, АО, АЛ, АОЛ мощностью от 0,6 до 125 *квт* с чугунным и алюминиевым корпусами.

По способу защиты от воздействия окружающей среды электродвигатели разделяются на защищенные (рис. 114) и закрытые, обдуваемые (рис. 115). Защищенные электродвигатели предохранены от попадания внутрь машины посторонних предметов и капель воды, падающих отвесно или под углом 45° к вертикали.

Закрытые, обдуваемые электродвигатели полностью закрыты и предохранены от попадания внутрь машины пыли.

Обозначение типов двигателей единой серии следующее.

Исполнение	Корпус	Обозначение
Защищенное	Чугунный	А
Защищенное	Алюминиевый	АЛ
Закрытое, обдуваемое	Чугунный	АО
Закрытое, обдуваемое	Алюминиевый	АОЛ

Обычно после букв, обозначающих тип двигателя, в паспорте двигателя следуют цифры, которые расшифровываются так: первая цифра — внешний диаметр пакета статора (габарит), вторая цифра — длина пакета, цифра после дефиса — число полюсов. Например, АО 62-4 означает: электродвигатель единой серии, закрытый, обдуваемый, в чугунном корпусе, шестого габарита, второй длины, четырехполюсный.

Единая серия двигателей, по ГОСТ 4142—52, имела следующие мощности для каждой скорости вращения (табл. 32).

ТАБЛИЦА 32

Синхронная скорость вращения (об/мин)	Диапазон мощностей (квт)	
	защищенное исполнение	закрытое обдуваемое исполнение
3000	1,0—125	0,6—100
1500	0,6—100	0,6—100
1000	1,0—75	1,0—75
750	4,5—55	4,5—55

Кроме двигателей общего назначения, выпускались модификации единой серии — двигатели с повышенным пусковым моментом (обозначение АП и АОП), двигатели с повышенным скольжением (обозначение АС и АОС), встраиваемые двигатели (обозначение АВ), двигатели с фазным ротором (обозначение АК).

С 1 января 1960 г. введен новый ГОСТ 4542—59 на трехфазные асинхронные электродвигатели взамен ГОСТ 4542—52. Серия асинхронных электродвигателей А и АО мощностью от 0,6 до 100 квт заменена новой

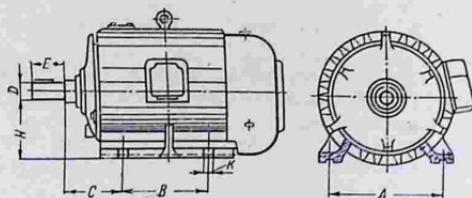


Рис. 116. Установочные размеры электродвигателей серии А2 и АО2.

единой серией асинхронных электродвигателей А2 и АО2, предназначенных для работы от сетей промышленной частоты 50 гц при номинальных напряжениях 220/380, 380 в (при соединении обмоток статора в треугольник).

Вес электродвигателей А2 и АО2 в среднем на 25% меньше, чем электродвигателей А и АО. Снижение веса достигнуто применением новых изоляционных материалов и уменьшением веса конструктивных деталей. Расход электротехнической стали сокращен на 10%, а меди — на 12%.

Величина к. п. д. всех электродвигателей серии А2 и АО2 при нагрузке 60% от номинальной повышена по сравнению с электродвигателями А и АО на 1—2%.

По способу защиты от воздействия окружающей среды в новой серии предусматриваются электродвигатели в защищенном исполнении А2 и в закрытом обдуваемом исполнении АО2. Электродвигатели 1—5 габаритов предусмотрены только в закрытом исполнении, а электродвигатели 6—9 габаритов — как в закрытом, так и в защищенном исполнении.

Кроме основного исполнения, новая серия предусматривает выпуск электродвигателей с повышенным моментом, с повышенным скольжением и с фазным ротором.

Данные по мощности, габаритам и типоразмерам электродвигателей единой серии А2 и АО2 приведены в приложении 9, а установочные размеры (рис. 116) — в приложении 10.

Глава третья

НАГРЕВ И ВЫБОР МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

От правильного выбора мощности двигателя зависит долговечность его работы, расход электроэнергии на единицу продукции, производительность агрегата, $\cos \phi$ и величина к. п. д.

Тепловой режим работы и нагрев определяют предельную мощность и срок службы электродвигателя. Допустимая величина нагрева двигателя сверх температуры окружающего воздуха (35°) установлена ГОСТ и зависит от вида применяемых изоляционных материалов.

Нагрев обуславливается потерями электрической энергии в процессе работы двигателя. Различают постоянные и переменные потери. К постоянным относят потери, не зависящие от тока нагрузки, то есть потери в стали, механические, вентиляционные и др. К переменным относят потери в обмотках двигателя, зависящие от тока нагрузки.

Предельно допустимые температуры нагрева по классам изоляционных материалов даны в таблице 33.

ТАБЛИЦА 33

Предельно допустимые температуры нагрева по классам изоляции

Класс изоляции	У	А	АВ (Е)	В	ВС (F)	СВ (H)	С
Предельно допустимая температура ($град.$) . .	90	105	120	130	155	180	Более 180

В сельском хозяйстве преимущественно используются двигатели малых и средних мощностей; они выполнялись главным образом с изоляцией класса А, а теперь с изоляцией классов Е и В.

В качестве изоляционных материалов класса У используются хлопчатобумажная пряжа, бумага, волокнистые материалы из целлюлозы и шелка, не пропитанные и не погруженные в электроизоляционные материалы.

При изготовлении изоляционных материалов класса А используются те же материалы, что и в классе У, но пропитанные или погруженные в жидкий диэлектрик. К этому же классу изоляции относятся лаки и эмали, которыми покрываются голые проводники.

Минимальный срок службы двигателя с изоляцией класса А составляет 12—15 лет в условиях длительной работы, но без нарушения пределов допустимой температуры нагрева.

Изоляционные материалы быстро теряют свои изолирующие свойства, если их нагревать выше допустимой температуры. Так, повышение температуры двигателя против указанной в таблице на $8—10^\circ$ сокращает срок его службы примерно вдвое.

В классе изоляции Е используются синтетические органические изоляционные материалы. Изоляция класса В выполняется из слюды, асбеста, стекланола и других подобных неорганических материалов, связанных с органического происхождения.

Изоляции класса В применяются при изготовлении двигателей специального назначения, работающих в условиях частых и больших перегрузок при повышенной температуре окружающей среды.

В изоляции класса F используются те же материалы, что и в классе В, но в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами.

Изоляции класса H изготавливаются из неорганических изоляционных материалов класса В со связующим веществом в виде кремнийорганических, или так называемых силиконовых, лаков. Эта изоляция отличается повышенной термостойкостью. Так, срок службы обмотки с такой изоляцией при температуре 220° составляет около 7 лет, а при температуре $160-180^{\circ}$ он может доходить до 60 лет.

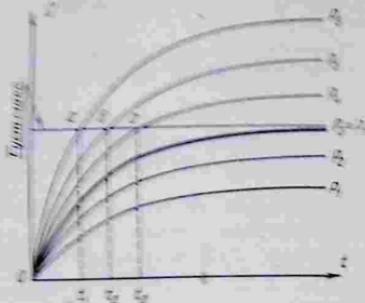


Рис. 117. Кривые нагрева электродвигателя при разных нагрузках. P_1 и P_2 — при недогрузке двигателя; $P_3 = P_n$ — при нормальной нагрузке; P_4, P_5, P_6 — при перегрузке двигателя.

Как видно из рисунка 117, кривые для P_4 и P_2 расположены ниже допустимой максимальной температуры, то есть эти кривые соответствуют тепловой недогрузке двигателя. Кривая при $P_3 = P_n$ представляет характеристику нагрева при номинальной нагрузке.

Кривые при P_4, P_5 и P_6 соответствуют термической перегрузке двигателя. Температура нагрева достигает допустимого предела при работе двигателя в течение времени t_1 или t_2 (кривые P_6, P_5).

Дальнейшая работа двигателя в этих режимах приводит к его перегреву, что недопустимо.

Мощность двигателя будет тем выше, чем выше у него к. п. д., теплоустойчивость изолирующих материалов, определяющих допустимую температуру нагрева, и больше теплоотдача (например, при улучшенной вентиляции). Вентиляция является весьма важным фактором, влияющим на нагрев двигателя и его мощность.

Выбор мощности двигателя определяется как величиной нагрузки, которую ему приходится преодолевать, так и характером нагрузки.

Различают продолжительную, повторно-кратковременную и кратковременную нагрузки.

При продолжительной нагрузке рабочий период настолько велик, что нагрев двигателя достигает установившегося состояния. Продолжительная работа характерна для большинства приводов в сельском хозяйстве (молотилки, сортировки, веялки, мельничные поставы, насосы, силосорезки, вентиляторы, большинство станков ремонтных мастерских и т. д.).

Обычно на паспорте двигателя указывается мощность для продолжительной работы.

Продолжительная переменная нагрузка. Нагрузка очень часто бывает переменной. Мощность двигателя для машин с пере-

Изоляция класса С изготавливается из слюды, стекла, кварца и керамических материалов без связующих органических веществ или же со связующими неорганическими составами.

Так как практически невозможно измерить действительную максимальную температуру нагрева обмоток, введено понятие «наибольшая наблюдаемая температура». Она принимается на 10° меньше соответствующих максимально допустимых температур нагрева для классов изоляции, приведенных в таблице 33.

В зависимости от нагрузки двигателя P можно построить ряд кривых нагрева, соответствующих данному режиму.

меньшей нагрузкой может быть определена методом среднеквадратичных величин — тока, момента или мощности.

Идея метода заключается в том, что найденная среднеквадратичная величина, например мощность $P_{ск}$, вызывает такой же нагрев двигателя, что и действительная переменная мощность, то есть нагрузка по графикам. Примерный график продолжительной переменной нагрузки изображен на рисунке 118. При определении мощности двигателя для подобной нагрузки исходит из того, что главным фактором, определяющим мощность двигателя, является его нагрев.

Формула для определения среднеквадратичной мощности двигателя $P_{ск}$ имеет следующий вид:

$$P_{ск} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}$$

где $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ — величина нагрузки (*квт*) соответственно в отрезки времени $t_1, t_2 \dots t_n$.

Метод среднеквадратичной мощности для выбора мощности электродвигателя применяют в тех случаях, когда движущиеся части привода имеют постоянную или мало меняющуюся скорость.

Метод среднеквадратичного тока можно применить, когда величина постоянных, а также активных потерь в течение периода работы не изменяется. Величина среднеквадратичного тока $I_{ск}$ определяется из выражения:

$$I_{ск} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} a.$$

По значению $I_{ск}$ выбирают по каталогу двигатель, соблюдая условие $I_{ск} \leq I_n$.

Здесь I_n — номинальный ток выбранного двигателя.

Определять мощность двигателя по методу среднеквадратичного момента целесообразно в тех установках, в которых момент двигателя пропорционален току. Соответственно величина среднеквадратичного момента $M_{ск}$ определяется формулой:

$$M_{ск} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

Выбранный по этим формулам двигатель проверяют на максимальный момент, то есть на перегрузочную способность.

При кратковременной нагрузке двигатель работает короткий промежуток времени, а затем выключается на длительное время, за которое его температура успевает снизиться до температуры окружающей среды.

Для кратковременной работы промышленность выпускает специальные двигатели. На паспорте таких двигателей указывается мощность и время работы с такой мощностью (15, 30, 60, 90 мин).

Повторно-кратковременной называется такая нагрузка, у которой периоды работы двигателя чередуются с паузами или работой двигателя вхолостую. Во время остановки или работы вхолостую двигатель охлаждается, что должно быть учтено при выборе его мощности. Характери-

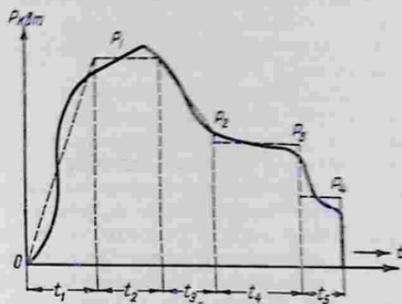


Рис. 118. Примерный график продолжительной переменной нагрузки.

стикой такой нагрузки является относительная продолжительность рабочего периода, или ПВ% (продолжительность включения), равная:

$$\text{ПВ}\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100 = \frac{t_p}{T} 100\%,$$

где t_p — рабочее время за период T ;

t_n — время паузы.

Заводы выпускают двигатели для четырех значений ПВ: 15, 25, 40, 60% или в относительных единицах $\epsilon = 0,15; 0,25; 0,40; 0,60$. Эти двигатели испытываются по десятиминутному циклу, то есть если двигатель имеет на паспорте обозначение $P_n = 10 \text{ кВт}$, ПВ = 25%, то это значит, что двигатель должен развивать мощность в 10 кВт в течение 2,5 мин, а затем должны следовать остановка или холостой ход продолжительностью 7,5 мин.

Обычно если $\epsilon_x < 0,1$, переходят к двигателям для кратковременной работы, если же $\epsilon_x > 0,6$ — к двигателям, рассчитанным на длительную работу.

Если источник электроснабжения соизмерим с мощностью пускаемого двигателя, то пуск сопровождается большим понижением напряжения, что создает трудности в запуске двигателя, сказывается на устойчивости скорости вращения работающих двигателей и вызывает мигание электрических ламп.

Согласно «Правилам устройства электротехнических установок», допустимое понижение напряжения у самого отдаленного токоприемника при пуске короткозамкнутого асинхронного двигателя не чаще двух раз в час принимается 30%.

Если запускаемый двигатель значительно удален от других токоприемников, то допустимое понижение напряжения определяется только условием запуска данного двигателя и нормальной работой ранее включенных двигателей, у которых напряжение на зажимах не может снижаться больше 20% от номинального напряжения сети.

Потеря напряжения в линии и трансформаторе зависит от величины пускового тока и от сопротивления линии и обмоток трансформатора.

От величины и длительности потери напряжения зависит устойчивость работы двигателей, вращающий момент и длительность разбега включаемого двигателя. Может быть и такой случай, что запускаемый двигатель не вернется из-за большой потери напряжения, а у работающих двигателей максимальный момент окажется меньше момента сопротивления машины, и они остановятся.

Поэтому правильность выбора двигателя, предназначенного для работы в сетях соизмеримой мощности, нужно проверять исходя из допустимого понижения напряжения на его зажимах при пуске.

Потери напряжения при пуске двигателя от трансформатора или генератора через соединительную линию бывают весьма заметны, если линия имеет значительную протяженность, малое сечение и выполнена стальными проводами. Если пуск двигателя совершается через соединительную сеть от трансформатора, то потеря напряжения определяется по следующей формуле:

$$\Delta U\% = \frac{z_{тр} + z_n}{z_{тр} + z_n + z_{дв}} 100.$$

Если пуск двигателя происходит от генератора, то потерю напряжения подсчитывают по формуле:

$$\Delta U\% = \frac{z_{ген} + z_n}{z_{тр} + z_n + z_{дв}} 100.$$

Значения $z_{тр}$, $z_{ген}$, $z_{дв}$ и z_n определяются следующим образом.

$z_{тр}$ — полное сопротивление короткого замыкания трансформатора:

$$z_{тр} = \frac{u_k\%}{100} \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n} \text{ ом},$$

где $U_n, u_k\%, I_n$ — номинальное напряжение трансформатора (θ), напряжение короткого замыкания в процентах, номинальный ток трансформатора (a).

Для трансформаторов мощностью от 10 до 100 *кВа* значение $z_{тр}$ приведено в таблице 34.

ТАБЛИЦА 34

$z_{тр}$ для трансформаторов мощностью от 10 до 100 *кВа*

Мощность трансформатора (<i>кВа</i>)	10	20	30	50	100
$z_{тр}$ (о.м.)	0,8	0,4	0,265	0,16	0,08

$z_{ген}$ — полное сопротивление генератора:

$$z_{ген} = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n OKЗ} \text{ о.м.},$$

где U_n, I_n OKЗ — номинальное напряжение (θ), ток (a) и отношение тока короткого замыкания генератора.

Значения OKЗ и $z_{ген}$ для генераторов серий СГ, применяемых для мелких электростанций, даны в таблице 35.

ТАБЛИЦА 35

Значения $z_{ген}$ и OKЗ в генераторах СГ

Генераторы	Мощность (<i>кВт</i>)	OKЗ	Полное сопротивление генератора $z_{ген}$ (о.м.)
Генераторы серии СГ напряжением 400/230 θ , $n = 1000$ об./мин	15	1,13	9,4
	25	1,1	5,75
	35	0,88	5,15
	45	0,87	4,0
	60	0,84	3,15

$z_{дв}$ — кажущееся сопротивление короткого замыкания асинхронного двигателя:

$$z_{дв} = \frac{U_n}{\sqrt{3} k_i I_n} \text{ о.м.},$$

где U_n, k_i, I_n — номинальное напряжение двигателя (θ), кратность пускового тока электродвигателя и номинальный ток двигателя (a)

$z_{л}$ — сопротивление соединительной линии (о.м.):

$$z_{л} = z_0 l \text{ о.м.},$$

где l — длина линии (км);

z_0 — сопротивление 1 км линии (о.м.).

Для некоторых марок проводов z_0 дано в таблице 36.

ТАБЛИЦА 36

Значения z_0

Медь		Алюминий		Сталь	
марка	z_0	марка	z_0	марка	z_0
M10	1,88	A16	2,00	ПС05	21,0
M16	1,27	A25	1,34	ПС35	5,4
M25	0,84	A35	1,00	ПС50	3,9

Пример. Определить потерю напряжения на зажимах электрического двигателя с присоединенной мощностью 28 квт, $k_1 = \frac{I_{II}}{I_I} = 5,5$, $\cos \varphi = 0,9$, включенного на конце линии длиной $l = 460$ м. Провода стальные сечением 50 мм². Двигатель питается от трансформатора мощностью $P_{тр} = 100$ квт.

Решение. 1. Полное сопротивление трансформатора $z_{тр} = 0,08$ ом:

$$z_{II} = z_0 l = 3,9 \cdot 0,46 = 1,8 \text{ ом};$$

$$z_{дв} = \frac{U_{II}}{k_1 I_{II}} = \frac{220}{5,5 \cdot 47,3} = 0,85 \text{ ом},$$

где

$$I_{II} = \frac{P_{II}}{\sqrt{3} U_{II} \cos \varphi} = \frac{28}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 47,3 \text{ а.}$$

2. Определяем потерю напряжения:

$$\Delta U \% = \frac{z_{тр} + z_{II}}{z_{тр} + z_{II} + z_{дв}} 100 = \frac{0,08 + 1,8}{0,08 + 1,8 + 0,85} 100 = 68\%,$$

то есть потеря напряжения получилась значительно больше допустимой.

Решим обратную задачу. При каком сечении стальных проводов потеря напряжения при пуске данного двигателя составит 20%? Условие выразится следующим равенством:

$$20 = \frac{0,08 + z_{II}}{0,08 + 0,85 + z_{II}} 100,$$

решая, найдем:

$$18,6 + 20z_{II} = 8 + 100z_{II};$$

$$10,6 = 80z_{II};$$

$$z_{II} = \frac{10,6}{80} = 0,132 \text{ ом.}$$

или сопротивление 1 км провода:

$$\frac{0,132}{0,46} = 0,285 \text{ ом.}$$

Из справочника найдем, что стальные провода стандартных сечений не проходят, так как они имеют значительное сопротивление.

В данном случае могут быть применены алюминиевые провода сечением 150 мм², у которых $z_0 = 0,21$ ом.

Из приведенного примера следует, что установка двигателей на значительном расстоянии от подстанций требует большой затраты металла. Поэтому надо стремиться подстанции устанавливать ближе к двигателям, особенно к двигателям средней и большой мощности.

Глава четвертая

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ($\cos \varphi$) И ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Низкий $\cos \varphi$ вызывает увеличенные потери энергии в проводах, а при сохранении потерь неизменными требует применения проводов увеличенного сечения. Таким образом, $\cos \varphi$ является как бы качественным показателем использования электрической энергии.

$\cos \varphi$ тем ниже, чем больше сдвиг фаз тока и напряжения в асинхронном двигателе. Сдвиг, или несовпадение фаз, обуславливается наличием реактивной мощности, расходуемой двигателем на создание электромагнитных полей. Этими полями являются главное поле, с помощью которого происходит передача энергии от статора к ротору, и поля рассеяния обмоток статора и ротора.

Коэффициент мощности $\cos \varphi$ двигателя равен:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_p^2}}$$

где P — активная мощность двигателя (*квт*);

Q_p — реактивная мощность, потребляемая двигателем (*квар*).

Зависимость $\cos \varphi$ асинхронных двигателей от номинальной мощности и синхронной скорости вращения приведена на рисунке 119.

Повышение $\cos \varphi$ с увеличением номинальной мощности двигателя и его синхронной скорости объясняется лучшим использованием активных материалов и уменьшением реактивной мощности, приходящейся на 1 *квт*.

Величина $\cos \varphi$ также зависит от междужелезного пространства и длины лобовых соединений. Чем меньше эти величины, тем $\cos \varphi$ выше. Это справедливо для двигателей мощностью до 100 *квт*.

При эксплуатации коэффициент мощности асинхронного двигателя в основном зависит от нагрузки и величины напряжения на его зажимах.

При холостом ходе вследствие большего относительного значения реактивной мощности и незначительной величины активной мощности, обусловленной лишь постоянными потерями, коэффициент мощности мал. По мере увеличения нагрузки активная мощность растет быстрее реактивной.

При дальнейшем увеличении нагрузки коэффициент мощности растет быстрее реактивной.

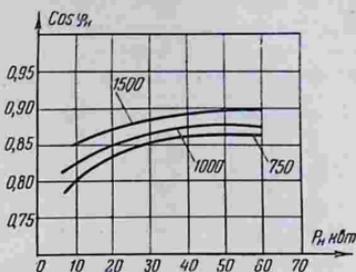


Рис. 119. Зависимость $\cos \varphi$ асинхронных двигателей от номинальной мощности и синхронной скорости.

до некоторого ее значения активная и коэффициент мощности также медленнее реактивной, вследствие чего коэффициент мощности уменьшается.

Примерный график зависимости $\cos \varphi$ от относительной нагрузки дан на рисунке 120.

Значительное влияние на изменение величины реактивной мощности, потребляемой двигателем из сети, оказывает изменение напряжения на зажимах двигателя.

При больших нагрузках уменьшение напряжения приводит к увеличению реактивной мощности, потребляемой из сети, и, следовательно, к ухудшению коэффициента мощности.

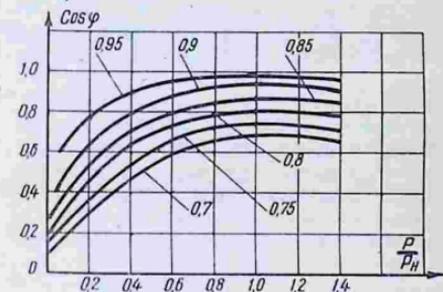


Рис. 120. Зависимость $\cos \varphi$ асинхронного двигателя от загрузки.

При малых нагрузках, наоборот, уменьшение напряжения приводит к уменьшению реактивной мощности, потребляемой из сети, и, следовательно, к улучшению коэффициента мощности.

Электродвигатели, работающие с низким $\cos \varphi$, непроизводительно загружают ток генераторы станций и трансформаторы подстанций.

Как известно, ток трехфазного асинхронного двигателя равен:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} a.$$

Из формулы видно, что величина тока, забираемого из сети, обратно пропорциональна $\cos \varphi$. Следовательно, при одной и той же активной мощ-

где Q — искомая мощность батареи статических конденсаторов (*квар*);
 φ_1 и φ_2 — углы сдвига фаз до и после включения конденсаторов;
 P — мощность установки (*квт*).

При включении статических конденсаторов в цепь трехфазного тока их разбивают на три группы, соединяемые в звезду или в треугольник.

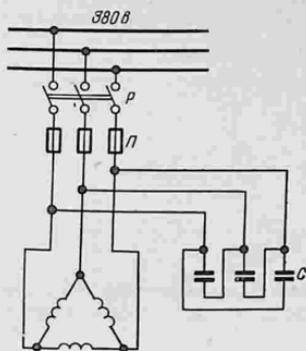


Рис. 122. Схема включения статических конденсаторов в треугольник непосредственно у электрического двигателя (индивидуальная компенсация).

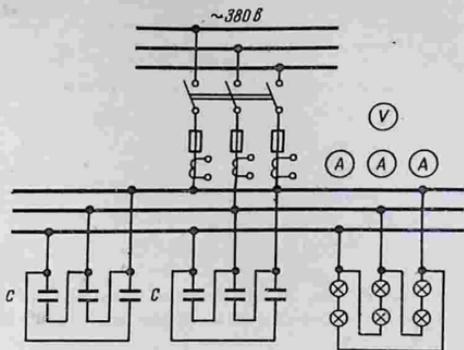


Рис. 123. Схема включения статических конденсаторов к распределительному устройству (групповая компенсация).

В обоих случаях для вычисления суммарной реактивной мощности можно пользоваться одним и тем же выражением:

$$Q = 3U_c^2 \omega C 10^{-3} \text{ квар},$$

где U_c — напряжение, приложенное к выводам конденсаторов (*кв*);
 C — емкость конденсаторной батареи (*мкф*).
 ω — угловая скорость.

При соединении батареи статических конденсаторов треугольником U_c равно линейному напряжению сети $U_{лн}$, а при соединении звездой U_c в $\sqrt{3}$ раз меньше. Поэтому при одном и том же значении емкости C на каждую

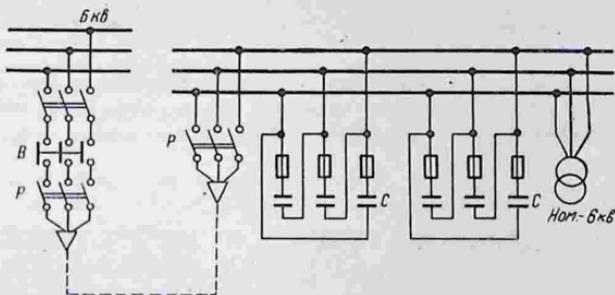


Рис. 124. Схема включения статических конденсаторов к шинам подстанции (централизованная компенсация).

фазу суммарная реактивная мощность конденсаторной батареи при соединении в звезду в 3 раза меньше, чем при соединении в треугольник. Чтобы уменьшить требуемую емкость конденсаторов в установках, улучшающих $\cos \varphi$, необходимо включать эти конденсаторы в треугольник.

Технические данные низковольтных конденсаторов серии КМ приведены в таблице 37.

ТАБЛИЦА 37

Технические данные низковольтных конденсаторов серии КМ, предназначенных для повышения коэффициента мощности ($\cos \varphi$)

Тип конденсатора	Номинальные величины		
	напряжение (кв)	емкость (мкф)	мощность (квар)
КМ-0,22	0,22	263	4
КМ-0,38	0,38	220	10
КМ-0,50	0,50	127	10
КМ2-0,22	0,22	657	10
КМ2-0,38	0,38	552	25
КМ2-0,50	0,50	318	25

Мощность, потребляемая двигателем из сети $P_{\text{потр}}$, при определенной нагрузке P может быть определена через к. п. д. двигателя по следующему соотношению:

$$P_{\text{потр}} = \frac{P}{\eta_{\text{дв}}} \text{ кВт.}$$

Величина к. п. д. $\eta_{\text{дв}}$ зависит от типа двигателя, мощности, скорости вращения и нагрузки. Обычно с увеличением номинальной мощности и скорости вращения двигателя к. п. д. растет, что иллюстрируется кривыми, приведенными на рисунке 125.

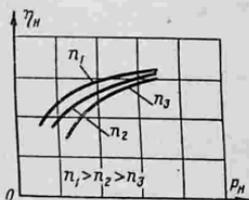


Рис. 125. Зависимость $\eta_{\text{дв}}$ двигателя от $P_{\text{н}}$ при различных $P_{\text{н}}$.

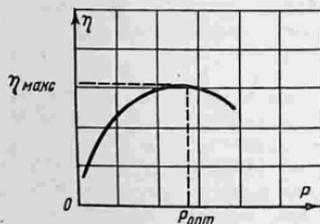


Рис. 126. Зависимость $\eta_{\text{дв}}$ от отдаваемой мощности на валу.

Примерная кривая зависимости к. п. д. от нагрузки приведена на рисунке 126. При некотором значении нагрузки $P_{\text{онт}}$ к. п. д. имеет наибольшее значение. Обычно величина $P_{\text{онт}}$ близка к $P_{\text{н}}$.

Глава пятая

АППАРАТЫ РУЧНОГО И АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В управление электроприводами входят следующие операции: пуск в ход, регулирование скорости, торможение, изменение направления вращения (реверсирование), выключение.

В простейших случаях эти операции выполняются аппаратами ручного управления, к которым относятся рубильники, пусковые и регулировочные реостаты, пакетные выключатели, контроллеры и т. д.

128/87

Применение аппаратов ручного управления требует присутствия человека и связано с непроизводительной затратой времени.

За последние годы в сельском хозяйстве стремятся все больше применять аппараты полуавтоматического и автоматического управления в виде различного рода реле, контакторов и т. п.

При автоматическом управлении электроприводами увеличивается производительность труда, облегчаются условия работы, улучшается качество

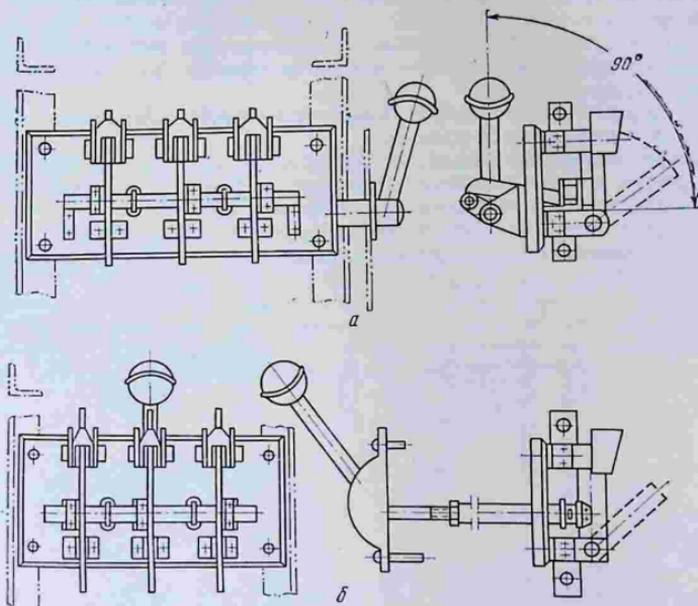


Рис. 127. Трехполюсный рубильник: единой (ферри);
 а — с боковой рукояткой; б — с центральным приводом.

продукции, уменьшается расход электроэнергии на единицу продукции, снижается брак и себестоимость продукции, повышается надежность работы установок.

Рассмотрим отдельные виды аппаратуры.

Реостат в простейшем виде представляет собой аппарат, состоящий из элементов сопротивлений и переключающего устройства.

По назначению реостаты бывают пусковые, возбуждения и пускорегулирующие.

По применяемым материалам пусковые реостаты бывают проволочные (из стальной, никелиновой или фехральной проволоки), пластинчатые и из штампованных элементов.

По способу охлаждения различают реостаты воздушные, масляные и с песочным наполнением. Воздушные реостаты допускают нагрев до 250—300° и применяются как при малом, так и при большом числе пусков в единицу времени. Понятие о малом и большом числе пусков определяется числом включений и выключений в час контактных частей аппарата.

В реостатах с масляным охлаждением применяется сухое и чистое трансформаторное масло. Масляные реостаты компактнее воздушных, их применяют в сырых и пыльных помещениях.

Для изготовления песочных реостатов применяется чистый кварцевый песок.

Реостаты, предназначенные для приводов с малым количеством пусков в час (до 30), изготавливаются с плоскими переключателями, а при большом количестве пусков (до 1000) — с барабанным переключателем ступеней.

Реостат выбирают на соответствующую мощность электродвигателя, напряжение сети и условия нагрузки при пуске.

Рубильники и переключатели являются наиболее распространенными аппаратами для включения, отключения и переключения при напряжении до 500 в и на токи до 1000 а. Рубильники и переключатели бывают одно-, двух- и трехполюсными. По принципу управления они бывают с центральной или боковой рукояткой, с боковым или центральным рычажным приводом, а по способу присоединения проводов их изготавливают для переднего и заднего присоединений.

На рисунке 127 приведена схема трехполюсного рубильника с боковой рукояткой и центральным приводом.

Распределительные ящики. В сырых и пыльных помещениях, а также в том случае, когда возможно повреждение приборов, рекомендуется применять распределительные ящики (рис. 128) типа ЯРВ.

Распределительные ящики выпускаются в металлических корпусах бризго- и пылезащитного исполнения с встроеными в них трехполюсным

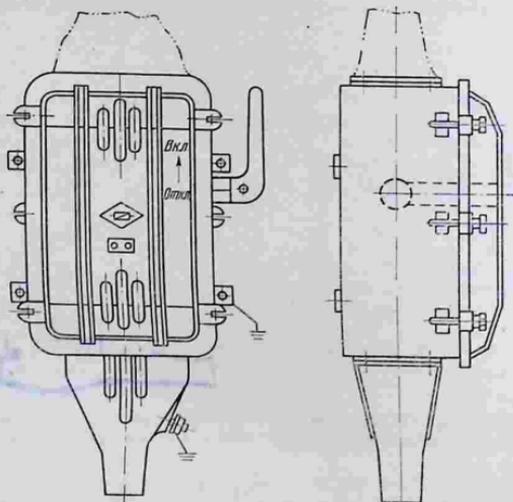


Рис. 128. Распределительный ящик серии ЯРВ с трехполюсным рубильником и тремя предохранителями типа ПР-2.

рубильником и тремя предохранителями. Управление рубильником производится с помощью боковой рукоятки.

Ток от сети подводится со стороны рубильника, а к двигателю отводится со стороны предохранителей. Такая взаимная установка рубильника и предохранителей позволяет заменять предохранители при отключенном рубильнике без опасности попасть под напряжение.

Данные о некоторых рубильниках и переключателях одной серии приведены в таблице 38.

Блок рубильник—предохранитель серии **РП** представляет собой комплектное устройство, заменяющее рубильник и предохранитель. Блоки применяются в низковольтных распределительных устройствах (щитах, шкафах и ящиках).

Типы трехполюсных рубильников и переключателей единой серии

Наименование аппарата	Номинальный ток (a)	Род привода	Вид присоединения	Тип аппарата
Рубильник-разъединитель	100	Центральная рукоятка	Переднее и заднее	Р-31
	250			Р-32
	400			Р-34
Переключатель-разъединитель	100	То же	Заднее	П-31
	250			П-32
	400			П-34
Рубильник	100	Боковая рукоятка	Переднее	РБ-31
	250			РБ-32
	400			РБ-34
Переключатель	100	То же	»	ПБ-31
	250			ПБ-32
	400			ПБ-34

Трехполюсные блоки изготавливаются с боковым рычажным приводом и боковой рукояткой (рис. 129). В стальном корпусе помещена пластмассовая траверса, на которой закреплены три патрона трубчатых предохранителей, съем которых возможен только в отключенном положении аппарата. Изготавливаются блоки рубильник — предохранитель на номинальные токи 100, 200 и 350 a с плавкими вставками на токи от 60 до 350 a .

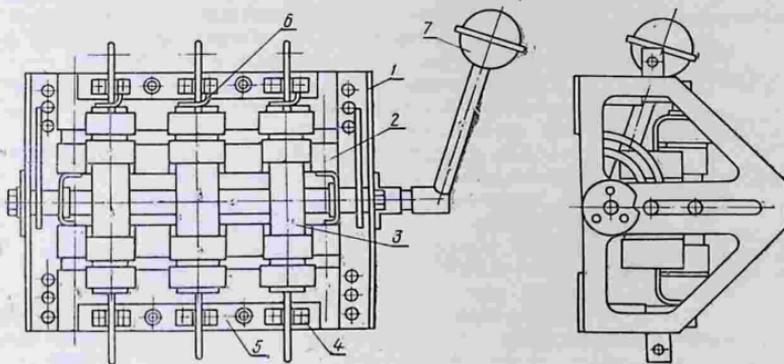


Рис. 129. Трехполюсный блок рубильник—предохранитель серии РП с боковой рукояткой:

1 — металлический корпус; 2 — пластмассовая траверса; 3 — трубчатые предохранители; 4 — контактная стойка; 5 — контактная стойка; 6 — плавкая вставка; 7 — боковая рукоятка.

Пакетные выключатели и переключатели серии ПВ и ПШ используются в качестве аппаратов управления с ручным приводом. Они выпускаются в открытом исполнении, а также в защищенном с защитным кожухом и рассчитаны для установки на щитах, в распределительных ящиках и других закрытых устройствах в сухих помещениях. Пакетные выключатели широко применяются при пуске небольших по мощности короткозамкнутых двигателей.

В таблице 39 приведены основные технические данные пакетных выключателей.

Пакетный выключатель (рис. 130), или переключатель, состоит из изгибающихся секций, в пазах которых находятся контактные ножи, по паре на полюс.

Данные пакетных выключателей

Тип выключателя	Величина	Допустимый ток (а)		Допустимая мощность выключаемого короткозамкнутого двигателя (квт)
		при 250 в переменного и постоянного тока	при 380 в переменного тока	
ПВЗ-10	I	10	6	1,0
ПВЗ-25М	III	25	15	2,8
ПВЗ-60М	V	60	40	4,5

Поворотом рукоятки неподвижные контакты соединяют с подвижными контактными ножами. Под крышкой пакетного выключателя или переключателя расположен механизм, которым можно мгновенно переключить подвижные контактные ножи, четко зафиксировать их положение. Выключатели и переключатели выдерживают 200 тыс. включений при частоте не более пяти переключений в минуту.

Простейшие схемы соединений пакетных выключателей приведены на рисунке 131.

Малогобаритные нажимные пускатели серии ПНВ применяются при управлении короткозамкнутыми двигателями, а также нагревательными и другими установками. Пускатели имеют прямоходовую контактную систему (рис. 132) и кнопочный привод с фиксацией положения «Включено» и «Отключено». Данные нажимных пускателей приведены в таблице 40.

Контакты предназначены для приводов электродвигателей с частыми включениями и выключениями. Они приводятся в действие электромагнитами.

Для уменьшения потерь на вихревые токи магнитная система контакторов переменного тока набирается из отдельных листов электротехнической стали, изолированных между собой (лаком и т. п.). На крайних якорях сердечника установлены короткозамкнутые вилки из меди или латуни, обеспечивающие притягивание якоря при переходе тока в обмотке втягивающей катушки через нуль.

Гашение электрической дуги происходит в камерах из дугостойкого материала. При принудительном гашении дуги контакторы выдерживают до 120 и без принудительного до 600 включений в час.

Втягивающие катушки обеспечивают включение при отклонении напряжения в пределах 85—105% от номинального.

ТАБЛИЦА 40

Технические данные нажимных пускателей

Тип пускателя	Исполнение	Мощность управляемого электродвигателя (квт) при напряжении (в)			Вес (кг)	Частота включений в час
		127	220	380		
ПК-113	Защищенное в кожухе	1,0	1,7	2,8	—	20
ПНВ-31	Защищенное в пластмассовом кожухе	2,8	4,5	7,0	0,3	20
ПНВ-33	Открытое	2,8	4,5	7,0	0,2	20
ПНВ-34	Пылезащитное в металлической оболочке	2,8	4,5	4,5	0,5	20

Различные типы контакторов дают возможность осуществлять самые разнообразные операции: пуск, остановку, реверсирование, торможение двигателей и т. д.

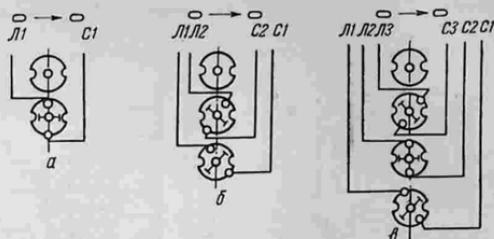


Рис. 131. Схемы соединения пакетных выключателей: а — однополюсного; б — двухполюсного; в — трехполюсного.

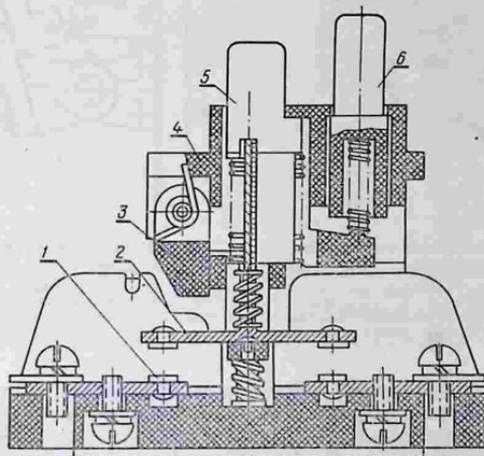


Рис. 132. Разрез нажимного пускателя серии ПНВ: 1 — неподвижные контакты, смонтированные на пластмассовом основании; 2 — подвижные мостиковые контакты; 3 — пружина; 4 — корпус; 5 — кнопка «Пуск»; 6 — кнопка «Стоп».

Общий вид контактора переменного тока представлен на рисунке 133 (контактная система) и на рисунке 134 (магнитная система).

Данные о мощности двигателей, пускаемых контакторами переменного тока, приведены в таблице 41.

ТАБЛИЦА 41

Мощность короткозамкнутых двигателей, включаемых с помощью контакторов с дугогашением

Величина контактора	Мощность двигателя (квт) при напряжении (в)		
	127	220	380
II	10	20	30
III	20	40	65
IV	—	75	130
V	—	150	250

Магнитные пускатели. Магнитный пускатель состоит из контактора и кнопочной станции (пусковой коробки). Он применяется для дистанционного управления электроприводом.

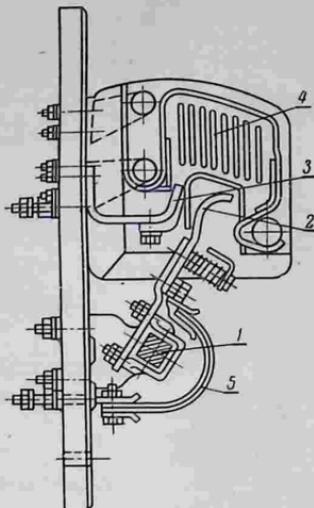


Рис. 133. Контактная система контактора переменного тока типа КТЭ:

1 — вал контактора; 2 — подвижный контакт; 3 — неподвижный контакт; 4 — дугогасительная решетка и камера; 5 — гибкое соединение.

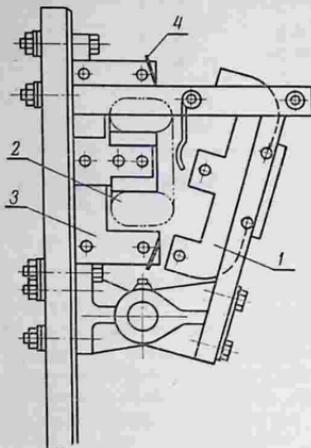


Рис. 134. Магнитная система контактора серии КТЭ:

1 — ярмо; 2 — катушка; 3 — сердечник; 4 — короткозамкнутое ярмо.

Пускатель представляет собой четырехполюсный контактор, одна пара полюсов которого служит блок-контактами, блокирующими кнопку «Пуск», и одновременно нулевой защитой для электродвигателя.

Магнитные пускатели рассчитаны для работы при частоте включений не выше 600 в час.

Магнитные пускатели изготавливаются неперевсивными и реверсивными (рис. 135), последние состоят из двух заблокированных между собой неперевсивных пускателей.

Технические данные магнитных пускателей некоторых типов приведены в таблице 42.

Путевые и конечные выключатели. Замыкание или размыкание контактов путевых выключателей используется как импульс для автоматизации работы привода. Их контакты приводятся в действие автоматически, в зависимости от пути, пройденного управляемым механизмом.

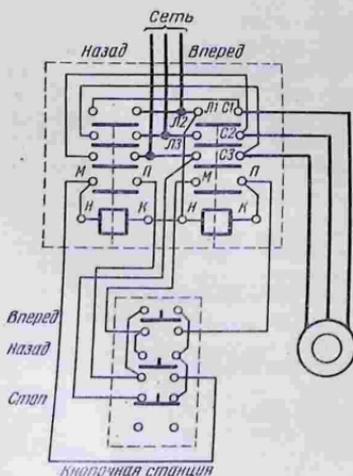


Рис. 135. Схема включения двигателя реверсивным магнитным пускателем МПР-1.

Технические данные магнитных пускателей

Тип магнитного пускателя	Мощность пускаемых короткозамкнутых двигателей (квт) при напряжении (с)		
	127	220	380
П-II	2,5	4,0	5,0
П-III	6,0	11,0	15,0
П-IV	10,0	20,0	28,0
П-V	20,0	37,0	55,0
МП-7213-УК2	7,5	11,0	15,0
МП-7114-УК2	11,0	20,0	29,0
МП-7214-УК2	11,0	20,0	29,0
МПКО	2,0	3,5	5,0
МПКРО	2,0	3,5	5,0
МПК-1	4,0	7,0	11,0
МПКР-1	4,0	7,0	11,0
МП-10	1,5	2,5	4,0
МП-15	1,5	2,5	4,0
МП-11	7,5	11,0	15,0
МП-12	10,0	20,5	29,0
МПГ-10	1,5	2,5	4,0
МП-0	—	3,0	3,5
МПО-0	—	3,0	3,5
МП-1	—	5,0	6,0
МП-2	—	11,0	16,5
МПВ-1344	—	20,0	30,0

Наиболее часто путевые выключатели применяются для исключения возможности перехода управляемого механизма за его пограничные положения. В этом случае выключатели называются **к о н е ч н ы м и**.

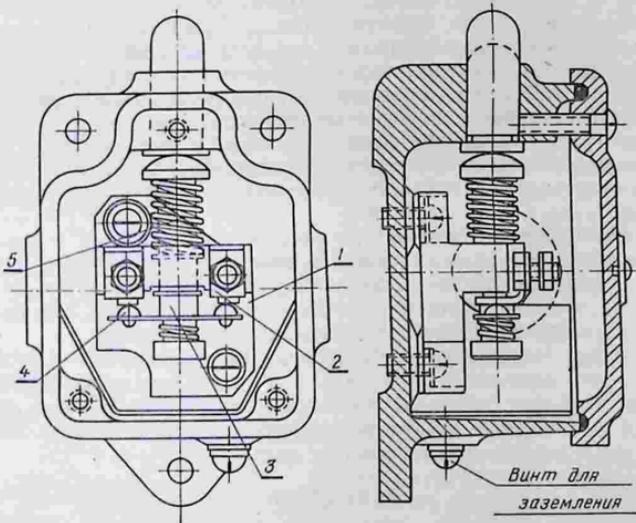


Рис. 136. Конечный выключатель BK-101:

1 — карболитовое основание; 2 — неподвижные контакты; 3 — карболитовая втулка; 4 — мостик с подвижными контактами; 5 — пружина возврата контактов.

На рисунке 136 приведена конструкция выключателя ВК-101, а в таблице 43 — технические данные выключателей серии ВК.

ТАБЛИЦА 43

Технические данные выключателей серии ВК

Тип выключателя	Допустимый длительный ток (а)	Число включений до износа	Потребное усилие (кг)	Вес (кг)
ВК-101	6	2·10 ⁶	0,9	1,15
ВК-110	6	2·10 ⁶	0,9	1,15
ВК-111	6	2·10 ⁶	0,9	1,3
ВК-133	6	1·10 ⁶	5,0	1,3
ВК-211	6	1·10 ⁶	8,0	1,3

Кнопки управления предназначены для управления цепями катушек магнитных пускателей, автоматов, реле и т. п. в установках постоянного и переменного тока. Группа кнопок, смонтированная в корпусе или на панели, называется кнопочной станцией. Различают кнопки ручные и ножные — педальные, а также с замыкающими и размыкающими контактами. На рисунке 137 приведены схемы простейших кнопочных станций.



Рис. 137. Схемы кнопочных станций КС:

А — двухкнопочная четырехконтактная;
 Б — двухкнопочная восьмиконтактная;
 В — трехкнопочная двенадцатиконтактная.

Импульс, под действием которого приходит в действие контактная система реле, может быть электрическим, тепловым или механическим. Например, контакты реле напряжения при падении напряжения ниже установленной величины разомкнутся, и после этого катушка контактора вспомогательной цепи перестанет удерживать главные контакты в замкнутом положении, и цепь питания электродвигателя отключится.

По назначению различают реле управления и реле защиты. Реле управления используются для поддержания заданных величин тока и напряжения, а также введения в действие отдельных элементов, входящих в схему управления.

Реле защиты предназначены для защиты электрических установок при нарушении заданного режима работы в цепи путем отключения поврежденного участка цепи при подаче сигнала о нарушении режима.

Основной характеристикой реле является зависимость времени срабатывания реле от величины рабочего тока, то есть $t = f(I)$.

Наименьший ток, при котором происходит замыкание или размыкание контактов реле, называется током трогания, а наибольший ток, при котором контакты реле возвращаются в исходное положение, называется током возврата. Отношение этих двух величин тока называется коэффициентом возврата реле:

$$k_B = \frac{I_{\text{воз}}}{I_{\text{трог}}}.$$

На рисунке 138 представлены характеристики реле: независимая от тока — мгновенного действия, ограниченно зависимая от тока нагрузки и характеристика, зависимая от тока нагрузки.

В электроприводах сельскохозяйственных установок наибольшее распространение получили тепловые защитные реле, электромагнитные реле управления и защиты (тока, напряжения и частоты), вспомогательные реле управления (промежуточные) и замедляющие реле, или реле времени.

Защитное действие теплового реле (рис. 139) заключается в следующем. Нагревательный элемент включается последовательно с обмоткой двигателя. Ток, проходя по этому элементу, нагревает его. При перегрузках испускаемое поверхностью элемента тепло вызывает такой нагрев биметаллической пластинки, что она, изгибаясь, разрывает контакт в цепи катушки контактора. Контактор отключается, и силовая цепь двигателя размыкается.

Тепловые реле типа РТ, предназначенные для защиты от перегрева и выхода из строя обмоток двигателя, в зависимости от величины тока применяются следующих марок:

РТ-1 для тока в пределах 0,4—25 а;

РТ-2 для тока в пределах 25—100 а;

РТ-3 для тока в пределах 100—200 а.

Когда биметаллическая пластинка остывает, нажимом на кнопку возвращают реле РТ в исходное положение, после чего оно подготовлено к следующему выключению установки в случае перегрузки.

Максимальные электромагнитные реле применяют, как и предохранители, для защиты двигателей от коротких замыканий и перегрузок.

Они могут выполняться как мгновенного действия (рис. 140), так и с выдержкой времени. Действие реле заключается в следующем. Катушка, включенная последовательно в силовую цепь двигателя, при токе 200—

250% от номинального притягивает якорь реле, преодолевая сопротивление пружины. На конце якоря находится штанга, которая упирается в рычаг. Отходя влево под действием штанги, рычаг разрывает контакты цепи управления и контактора.

В тех случаях, когда мощность контактов основного реле недостаточна или основное реле не имеет необходимого количества контактов, требуемых схемой, применяются вспомогательные — промежуточные реле типа РП, ЭП-41Б и др.

Общий вид и электрическая схема промежуточного реле типа РП представлены на рисунке 141.

Принцип действия промежуточного реле, как и любого электромагнитного реле мгновенного действия, состоит в том,

что при подаче питания на катушку реле якорь притягивается к ярму и перемещает (замыкает или размыкает) контакты мостикового типа.

Для осуществления автоматической выдержки времени между включениями (например, при периодическом включении механизма привода лотков

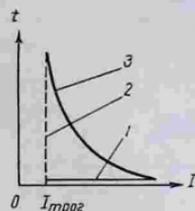


Рис. 138. Характеристика реле:

1 — мгновенного действия; 2 — ограниченно зависящая от тока нагрузки; 3 — зависящая от тока нагрузки.

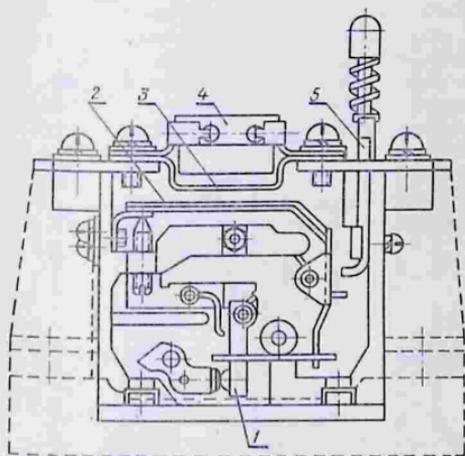


Рис. 139. Тепловое реле РТ:

1 — контакты реле; 2 — биметаллическая пластинка; 3 — нагревательный элемент; 4 — обмоточный колодка; 5 — рычаг ручного замыкания контактов реле.

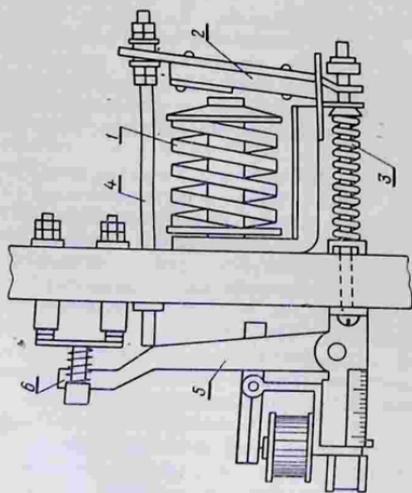


Рис. 140. Максимальное электромагнитное реле:
 1 — катушка; 2 — якорь; 3 — пружина; 4 — штифт;
 5 — рычаг; 6 — контакты цепи управления.

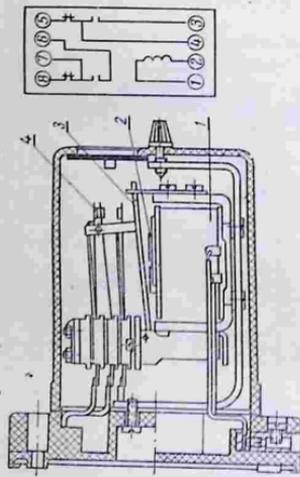


Рис. 141. Общий вид и электрическая схема производственного реле типа РП:
 1 — катушка; 2 — сердечник; 3 — якорь; 4 — контакты
 хлестникового типа.

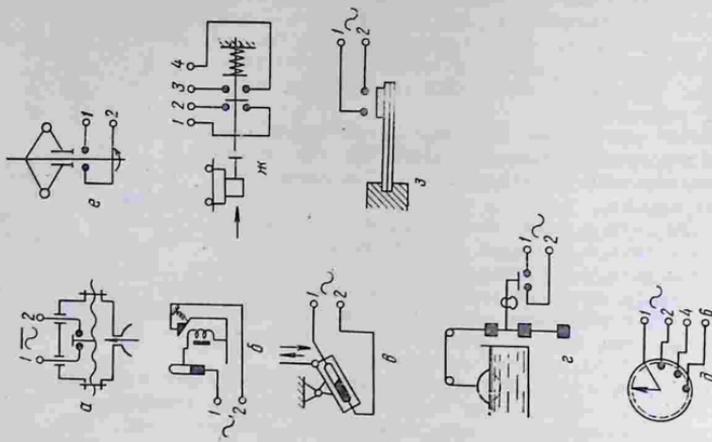


Рис. 142. Схемы датчиков импульсов:
 а — контактный милливольтметр; б — контактный термометр
 для контактных мостов; в — контактный датчик скорости;
 г — контактный датчик; д — контактные
 часы; е — датчик скорости; ж — контактный лучевой
 выключатель; з — биметаллическая пластина.

в инкубаторе или секции пускового сопротивления) применяют замедляющее реле или реле времени различных конструкций (магнитные, маятниковые, двигательные). Эти реле принадлежат к числу реле с независимой от тока нагрузки характеристикой и срабатывают они не мгновенно, а по истечении некоторого времени после воздействия импульса.

Если нужно получить большую выдержку времени (порядка нескольких десятков минут), применяют двигательное реле времени. Оно состоит из электродвигателя мощностью в несколько ватт, приводящего в действие контактную систему реле через редуктор с большим передаточным числом (до 100 тыс.). После включения двигателя проходит некоторое время, пока контактная часть реле не будет приведена в действие.

В автоматических схемах управления электроприводами сельскохозяйственных производственных установок широко используются самые различные датчики в сочетании с соответствующими реле.

На рисунке 142 приведены схемы наиболее распространенных датчиков импульсов.

Для автоматизации управления и контроля того или иного производственного процесса при использовании магнитного реверсивного пускателя в качестве пускового аппарата необходимо любой из названных датчиков присоединить зажимами 1 и 2 параллельно кнопке «Пуск» или вместо нее.

Если реверсивный магнитный пускатель используется на таких установках в сельском хозяйстве, как скреперный транспортер при уборке павоза, подвесная дорога, ультрафиолетовая облучающая установка на животноводческой ферме, осветительная установка в теплице и др., то автоматическое управление осуществляется по схеме, приведенной на рисунке 143. Для обеспечения автоматического цикла работы по приведенной схеме установлено два размыкающих (*КВВ1* и *КВН1*) и два замыкающих (*КВВ2* и *КВН2*) конечных выключателя.

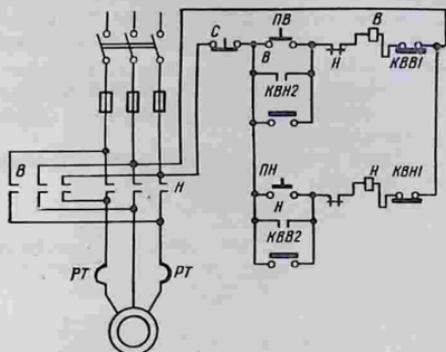


Рис. 143. Схема автоматического управления при реверсивном движении рабочей машины.

Глава шестая

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МОНТАЖУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Скорость вращения сельскохозяйственных машин, как правило, не совпадает со скоростью вращения короткозамкнутых двигателей. Исключение составляют центробежные насосы, вентиляторы и некоторые станки, когда можно непосредственно соединить двигатель с рабочей машиной при помощи муфт различных конструкций.

При несопадении скоростей вращения рабочей машины и электродвигателя применяют механические передачи, которые делаются на передачи, осуществляемые гибкой связью (цепные, ременные, канатные), передачи, осуществляемые непосредственным зацеплением (фрикционные, зубчатые и червячные).

В сельскохозяйственных электроприводах из гибких передач наиболее распространенные получили ременные, как наиболее простые и дешевые,

а за последние годы и клиноременные передачи. Недостатком плоскоремненной передачи является при слабом натяжении проскальзывание ремня, а при сильном натяжении и большом ускорении — сбрасывание ремня со шкива и быстрый износ подшипников.

Этих недостатков не имеют клиноременные передачи. Они обеспечивают плавную и спокойную, без ударов, работу.

Приводные ремни плоскоремненных передач изготавливают кожаными, прорезиненными, хлопчатобумажными, шерстяными.

Приводные ремни клиноременных передач изготавливают из хлопчатобумажной ткани и нитей корда, склеенных резиной.

Клиновидные ремни делают без шва в виде кольца, их выпускают стандартной длины. Длина ремня по внутренней окружности может иметь значения от 0,5 до 14 м.

Рабочая поверхность шкивов клиноременных передач состоит из желобов, соответствующих размерам и количеству ремней, необходимых для привода машины.

Типы ремней, применяемые при различных условиях работы, указаны в таблице 44.

ТАБЛИЦА 44

Типы ремней для различных условий работы

Условия работы	Кожаный	Хлопчатобумажный цельнотканый	Хлопчатобумажный шпальный	Шерстяной тканый	Прорезиненный без наружной резиновой прокладки	Прорезиненный с наружной резиновой прокладкой	Клиновидный
В помещениях с обычной влажностью	+	+	+	+	+	+	+
В сырых помещениях	—	—	+	+	—	+	+
При высоких температурах	—	+	—	+	+	+	+
При воздействии пара и едких газов	—	+	+	+	—	+	+
Неравномерная нагрузка средней интенсивности	+	+	+	+	+	+	+
Сильно неравномерная (ударная) нагрузка	+	—	—	+	+	+	+
Работа в условиях попадания на ремень масел	—	+	+	+	—	+	+
Работа на шкивах малых диаметров	+	+	—	+	—	—	+

Обозначения: + применение допустимо, — применение недопустимо.

В современных конструкциях электроприводов основными являются зубчатые и червячные передачи.

Наиболее совершенной формой является такая, у которой шестерни помещаются в закрытом картере, залитом маслом, благодаря чему обеспечивается хорошая смазка и уменьшается шум при работе, а сам картер является частью корпуса двигателя.

При больших передаточных числах применяются червячные передачи, при небольших следует отдавать предпочтение зубчатым передачам, как имеющим более высокий к. п. д.

Элементы передач, сообщающие движение и передающие крутящий момент, называются ведущими, а элементы передач, принимающие крутящий момент и получающие движение, — ведомыми. Обычно параметры первых обозначаются индексом 1, а вторых — 2.

Число оборотов n_1 и n_2 , а также угловые скорости ω_1 и ω_2 связаны с диаметром шкивов, установленных на ведущих и ведомых валах, следующим соотношением:

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1},$$

где $i_{1,2}$ — передаточное отношение.

В сложных передачах, состоящих из нескольких отдельных передач, общее передаточное число системы равно произведению отдельных передаточных чисел:

$$i_{\text{сист}} = i_1 i_2 i_3 \dots i_n.$$

Коэффициент полезного действия системы передач в этом случае равен произведению к. п. д. отдельных передач. Чем больше передач входит в систему, тем ниже общий к. п. д. системы.

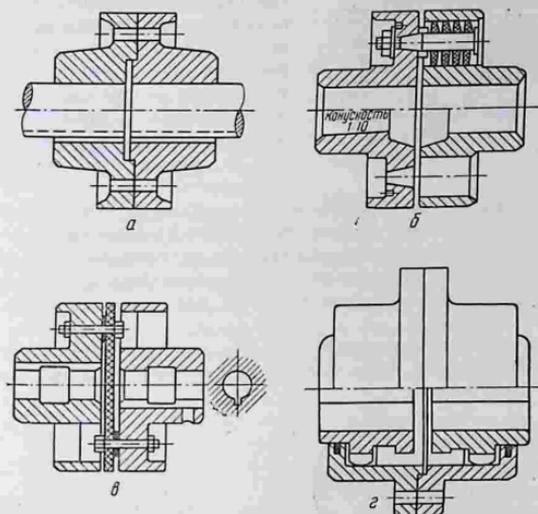


Рис. 144. Муфты:

а — глухая поперечно-свертная; б — упругая; в — эластичная;
г — зубчатая (жесткая).

Очень часто электродвигатели соединяют непосредственно с рабочими машинами с помощью так называемых эластичных муфт, которые смягчают толчки, возникающие во время пуска и при переходных режимах работы двигателя.

В установках электропривода получили распространение муфты нескольких типов.

В глухой поперечно-свертной муфте (рис. 144, а) одна половина насаживается на ведущий вал, а другая — на ведомый. Обе половины муфты соединяются между собой. Плоскость разреза муфты должна быть строго перпендикулярна к оси валов.

В упругих муфтах с пальцами (рис. 144, б) упругими элементами являются резиновые кольца, толстостенные трубки или кожа, насаживаемые на пальцы.

В эластичной муфте (рис. 144, в) между двумя полумуфтами помещается резиновый диск, прикрепленный специальными болтами к каждой полумуфте.

Жесткие подвижные (зубчатые) муфты (рис. 144, г) состоят из двух

полушфит и допускают смещение одного из валов по отношению к другому (перекос, радиальное смещение, раздвижку).

Общим требованием для всех передач является устранение всевозможных вибраций, приводящих иногда к опасным резонансным явлениям. Для этого нужно тщательно сбалансировать электродвигатель и элементы передач.

Основным условием эффективного использования электрического двигателя является надежность работы всех элементов электропривода, то есть двигателя, аппаратуры управления и передаточного механизма.

Условия, в которых работают электродвигатели, могут быть самыми разнообразными. В сухих помещениях (относительная влажность не более 60%) применяются защищенные двигатели, в сильно запыленных — закрытые обдуваемые двигатели. Во взрывоопасных помещениях используют взрывозащищенные двигатели, во влажных помещениях, а также при постоянной работе на открытом воздухе применяют двигатели с противосыростной изоляцией, а в помещениях с едкими парами и газами — с противоампичной изоляцией.

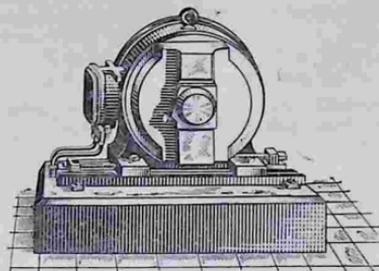


Рис. 145. Установка двигателя на фундаменте.

Способ установки электродвигателя зависит от типа, веса и размеров, а также способа соединения двигателя с рабочей машиной.

Большой частью двигатели монтируют на специальных устройствах — опорах. На полу — это фундаменты, деревянные лежни и железные балки, на стенах и колоннах — крошштейны, на потолке — платформы или площадки.

Установка на полу сравнительно крупных двигателей требует сооружения фундаментов (рис. 145) из кирпича, бутовой кладки или бутобетона.

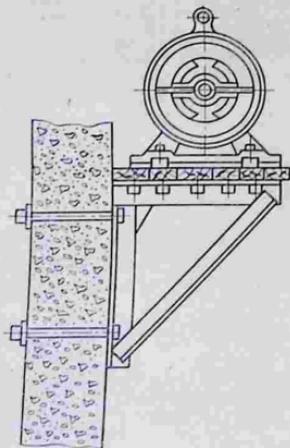


Рис. 146. Установка двигателя на стеновых крошштейнах.

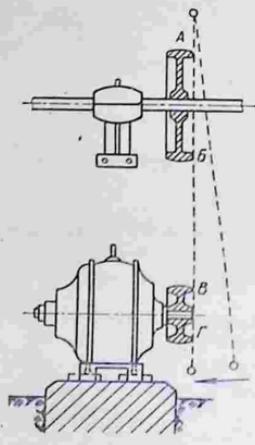


Рис. 147. Выверка параллельности валов.

Размеры фундамента в плане должны соответствовать размерам фундаментной плиты или салазок с припуском 50—250 мм на сторону. Глубина заложения фундамента от 0,5 до 1,5 м, в зависимости от глубины промерзания

грунта. Вес фундамента должен составлять не менее 10-кратного веса двигателя, если его работа протекает в спокойных условиях, и не менее 20-кратного веса при тяжелых условиях работы (реверсивная работа, частые толчки и т. д.). Необходимо, чтобы фундамент возвышался над полом помещения не менее чем на 100 мм во избежание загрязнения.

Если при установке двигателя на стене или потолке поворот его на 90 или 180° нежелателен, то вместо непосредственного крепления двигатель устанавливают в нормальном положении на стенных кронштейнах (рис. 146).

При установке двигателя проверяют правильность взаимного расположения шкивов электродвигателя и привода, то есть параллельность валов, на которые насажены эти шкивы. Эту проверку делают с помощью бечевы, шнура (рис. 147). Если шкивы имеют одинаковую ширину, то натянутый шнур одновременно должен коснуться четырех точек *A, B, B, Г*: двух на кромке одного шкива и двух на кромке другого. Если ширина шкивов разная, то расстояние от двух кромок шкива меньшей ширины до шнура должно быть одинаковым.

Способы насадки шкивов и их сьема показаны на рисунке 148.

Основное требование, которое необходимо выполнить при соединении вала двигателя и приводного вала муфты, состоит в том, что оси ведущего и ведомого валов должны лежать на одной прямой. Правильность соединения можно проверить контрольными скобами (рис. 149).

Сущность этого способа состоит в том, что замеряют зазор между скобами в начальном положении и после поворота валов на 180°.

Монтаж пусковой и защитной аппаратуры начинают с проверки комплектности деталей, отсутствия поломок, надежности болтовых соединений (отсутствие окислений и т. д.).

Подвижные части аппаратов должны перемещаться легко, без заеданий, а цепи внутренних электрических соединений должны быть исправными. Во время осмотра измеряют также сопротивление изоляции токоведущих частей. Если оно недостаточно, обмотки аппаратов сушат.

Пусковые аппараты следует по возможности устанавливать вблизи электродвигателя, причем в таком месте, чтобы при пуске двигателя в ход можно было наблюдать за ними.

Пусковые аппараты могут быть установлена либо на самой рабочей машине, либо на стене или колонне. При установке аппаратов на рабочей машине их рукоятки должны находиться на высоте около 1 м над уровнем пола, а если на стене или колонне, то на высоте 1,5—1,6 м над полом.

Правильность установки аппаратуры следует проверять как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Особенно это важно для аппаратов, выключение которых происходит в результате действий собственного веса определенной части аппарата (магнитных пускателей и т. д.).

Правильность соединения — между острыми ребрами скоб одинаковое расстояние; б — оси валов лежат на двух параллельных линиях; в — оси валов пересекаются под углом.

Рис. 149. Выверка валов контрольными скобами:

а — правильное соединение — между острыми ребрами скоб одинаковое расстояние; б — оси валов лежат на двух параллельных линиях; в — оси валов пересекаются под углом.

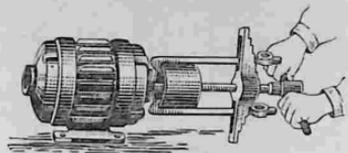
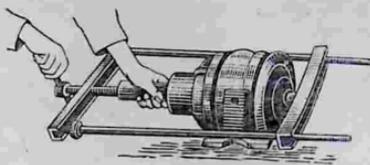


Рис. 148. Способы насадки и сьема шкивов.

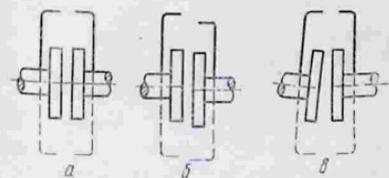


Рис. 149. Выверка валов контрольными скобами:

а — правильное соединение — между острыми ребрами скоб одинаковое расстояние; б — оси валов лежат на двух параллельных линиях; в — оси валов пересекаются под углом.

Перед пуском установки нужно все стрелки измерительных приборов установить в нулевое положение, проверить правильность соединений отдельных элементов, согласно схеме, надежность всех контактов.

При монтаже пускателей необходимо точно пригонять контакты: они должны соприкасаться по всей своей ширине без просветов, то есть касаться по прямой линии, а не отдельными точками. Перекос контактных частей затрудняет оперирование переключателем и влечет за собой местные перегревы из-за неравномерного нажатия контактных губок на ножи переключателя.

Установка групповых щитков (рис. 150) с передним присоединением проводов и расположением шин с задней стороны выполняется с расстоянием между неизолированными токоведущими частями

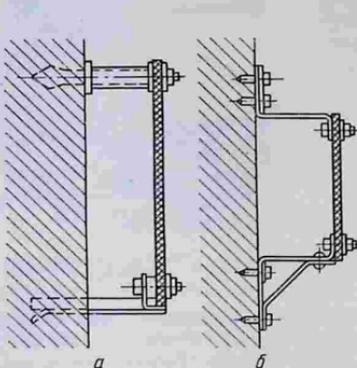


Рис. 150. Установка групповых щитков на стене:
а — каменной; б — деревянной.

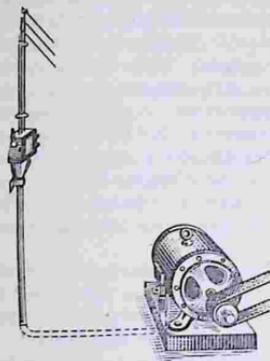


Рис. 151. Правильное расположение подводы к двигателю.

и стеной не менее 15 мм. Если щитки размещают на деревянных стенах, то минимальное расстояние от неизолированных токоведущих частей до стен нужно увеличить до 50 мм.

Групповые щитки с задним присоединением проводов должны быть установлены так, чтобы при эксплуатации была возможность пересоединить провода и затягивать контакты, для этого щитки относят от стен на расстояние не менее 120 мм.

Проводка от пусковой аппаратуры к двигателю обычно выполняется в стальных трубах или же бронированным кабелем с прокладкой их по кронштейнам, железным конструкциям, фундаментам и каналам пола.

Бронированный кабель, подводимый к электродвигателям, оканчивается муфтой или концевой заделкой. При ременной передаче необходимо принимать меры, чтобы концы кабеля и муфта не были повреждены, если оборвется ремень (рис. 151).

5 Электрификация производственных процессов в сельском хозяйстве

Глава первая

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ СОВХОЗОВ И КОЛХОЗОВ

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ УСТАНОВОК ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ

Наибольшая экономия по затратам труда получается в том случае, когда процесс водоснабжения в хозяйстве полностью механизирован, начиная от добычи воды из источника и кончая подачей ее к потребителям.

Из данных таблицы 45 видно, что при полной механизации затраты труда снижаются в 163 раза по сравнению с немеханизированным водоснабжением.

ТАБЛИЦА 45

Эффективность механизации водоснабжения по затратам времени

Способ подачи воды потребителю	Затрата времени (мин)	
	на 1 м ³ воды	на одну корову
Подъем ведрами из колодца и раздача вручную	326	16,3
Башенная электроводокачка. Раздача через автопоилки	7,5	0,4
Автоматическая башенная электроводокачка. Раздача через автопоилки	2	0,1

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ХОЗЯЙСТВА В ВОДЕ

Электромеханизированная установка по водоснабжению обычно состоит из насосной станции, водонапорной башни или напорного котла при башенной системе и водопроводной сети (рис. 152).

Для определения размеров установки по водоснабжению необходимо знать суточный и часовой расход воды в хозяйстве. Эти величины зависят от количественного и качественного состава потребителей и от режима водопотребления.

Расход воды в хозяйстве в течение суток неравномерен, он также неравномерен и в различные сутки года, поэтому при расчетах вводятся коэффициенты суточной α_c и часовой неравномерности $\alpha_{ч}$. Коэффициент суточной неравномерности равен отношению максимального суточного расхода воды к среднесуточному, то есть $\alpha_c = \frac{Q_{\text{макс. с}}}{Q_{\text{ср. с}}}$, соответственно $\alpha_{ч} = \frac{Q_{\text{макс. ч}}}{Q_{\text{ср. ч}}}$, то есть отношение максимального часового расхода воды к среднечасовому.

В сельском хозяйстве названные коэффициенты принимаются равными $\alpha_c = 1,3$, $\alpha_{ч} = 2,5$, при наличии автопоилок и без автопоения $\alpha_{ч} = 4$.

Среднесуточный расход воды животными в стойловый период определяется по формуле:

$$Q_{\text{ср. с}} = b_1 Q_1 + b_2 Q_2 + \dots + b_n Q_n,$$

где b_1 — количество голов крупного рогатого скота;
 b_2 — количество овец;
 b_n — количество других видов животных;

Q_1, Q_2, Q_n — нормы суточного потребления воды разными животными.

Для определения размеров сооружений по водоснабжению (баков, котлов и др.) нужно вычислить максимальный суточный расход воды всеми потребителями.

Максимальный суточный расход воды в животноводстве равен:

$$Q_{\text{макс. с}} = \alpha_c Q_{\text{ср. с}}$$

В различных условиях добывания и транспортирования воды, а также в зависимости от способа отвода уже использованной воды в качестве

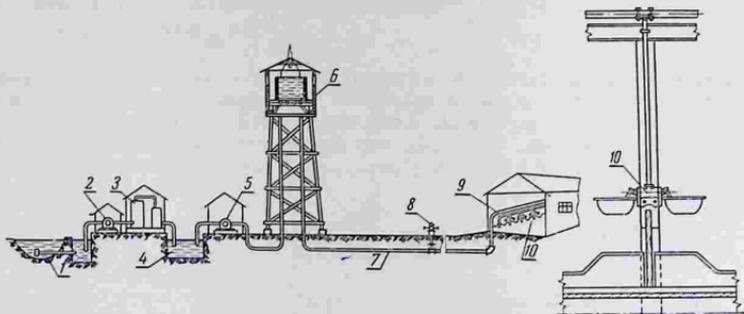


Рис. 152. Схема электромеханизированной установки по водоснабжению:

1 — источник; 2 — электромеханическая установка первого подъема; 3 — очистное сооружение; 4 — резервуар чистой воды; 5 — электромеханическая установка второго подъема; 6 — водонапорная башня; 7 — наружная водопроводная сеть; 8 — водоразборная колонка; 9 — внутренняя распределительная сеть; 10 — автоматы.

расчетных норм водопотребления на одного человека принимают следующие количества литров в сутки:

при наличии канализации и домовых ответвлений водопровода	60—90
без канализации, но с домовыми ответвлениями водопровода	40—60
при наличии водопровода с водозабором из уличных колонок	40—50
при водоснабжении без водопровода	30—40
на полевых работах	25—35

Для определения водопотребления (λ) общественными и коммунальными учреждениями пользуются нормами, приведенными в приложении 11.

Средние нормы водопотребления в животноводстве, при работе тракторов и других двигателей, а также в подсобных предприятиях колхозов и совхозов приведены в приложении 12.

Для выбора насосного оборудования и определения мощности двигателя нужно знать максимальный расход воды в час. Опытом установлены для животноводческих ферм следующие коэффициенты часовой неравномерности.

Ферма	При внутреннем водопроводе	Без внутреннего водопровода
Молочная	4—5	5
Свиноводческая	3	6
Овцеводческая	3,5	6,0
Птицеводческая	3	5

Пример. Подсчитать водопотребление в колхозе, имеющем 400 жителей и животноводческие фермы с поголовьем: коров дойных 300, быков 10, нетелей 60, молодняка до шести месяцев 140, молодняка до восемнадцати месяцев 100, лошадей рабочих 40, свиноматок с поросятами 40, кур 5000.

Решение. Пользуясь данными приложения 12, приведем сводную таблицу 46 с результатами подсчета (предполагаем, что в колхозе население пользуется водой из различных колонок).

Принимая $\alpha_0 = 1,3$, найдем, что максимальный суточный расход составит в данном примере 91,78 м³ воды. Отсюда средний часовой расход воды составит $91,78 : 24 = 3,82$ м³.

Коэффициент часовой неравномерности примем равным 4. Тогда максимальный расход воды в час составит 15,28 м³. На этот часовой расход и надо подбирать насос, а к насосу соответствующей мощности электрический двигатель.

ТАБЛИЦА 46

Определение водопотребления в колхозе

Потребители воды	Суточная норма на потребителя (л)	Количество потребителей	Суточная потребность в воде (м ³)
Население	45	400	18,0
Коровы	115	300	34,5
Быки	60	10	0,6
Нетели	35	60	2,1
Телята	30	140	4,2
Телята старше года	35	100	3,5
Лошади рабочие	50	40	2,0
Свиноматки	80	40	3,2
Куры	0,5	5000	2,5
Всего	—	—	70,6

3. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВЫБОР НАСОСНО-СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Источниками водоснабжения в сельском хозяйстве являются открытые водоёмы — пруды, реки, озера (~ 10%) и подземные воды (~ 90%).

По условиям залегания подземные воды делят на верховодки, залегающие на глубине 3—5 м от поверхности земли, грунтовые воды, залегающие на первом от поверхности земли водонепроницаемом пласте, и межпластовые воды, залегающие между двумя водонепроницаемыми пластами. Межпластовые источники дают обычно воду наиболее высокого качества.

При добычании подземных вод с глубины до 40 м строят шахтные колодцы с деревянным, бетонным, железобетонным, каменным и кирпичным креплением шахт.

Шахтные колодцы, составляющие 80—85% общего количества источников, имеют часовой дебит воды от 0,2 до 4 м³ и толщину слоя воды от 0,3 до 2 м.

При использовании водоносных горизонтов на глубинах 50—300 м строят трубчатые колодцы, составляющие 8—10% общего количества водонесущих, с дебитом от 1 до 11 м³/ч.

Трубчатый колодец представляет собой скважину, укрепленную металлическими трубами, с диаметром 100—250 мм (в зависимости от размеров водоподъемного оборудования).

Водоподъемную часть трубчатого колодца оборудуют фильтрами, через которые вода поступает в скважину, а затем водоподъемные машины поднимают ее на поверхность земли.

Из колодцев вода подается по чугунным, асбоцементным и деревянным трубам. Начинают применять водопроводные трубы из пластмассы.

В зависимости от расхода воды или от количества обслуживаемых точек диаметр труб можно выбирать по следующим данным.

Расход воды (л/сек)	Диаметр трубы (мм)	Количество водо- разборных точек	Диаметр трубы (мм)
0,75—1,0	40	1—3	15
1,5—2,0	50	4—10	20
3,0—4,0	80	11—20	25
5,0—7,0	100	21—40	32
8,0—12,0	125	41—60	40
14,0	150	61—80	50
28,0	280		

Выбор насосного и силового оборудования определяется графиком водопотребления, видом, глубиной и дебитом источника, а также высотой подачи воды.

Из большого количества существующих водоподъемных машин в сельском хозяйстве используются одноколесные и многоколесные центробежные и вихревые насосы, поршневые насосы, воздушные водоподъемники (эрлифты), цепные, ленточные и веревочные водоподъемники и гидротараны.

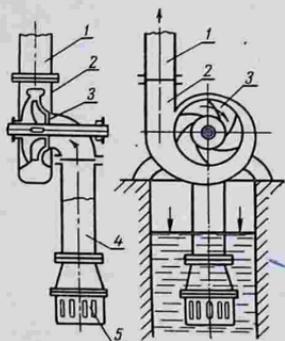


Рис. 153. Схема одноколесного центробежного насоса:

1 — нагнетательная труба; 2 — корпус насоса; 3 — рабочее лопастное колесо; 4 — всасывающая труба; 5 — решетка фильтра и обратный клапан.

Центробежные насосы применяют при подаче воды из всех источников. На рисунке 153 приведена схема одноколесного центробежного насоса. Его рабочим органом является лопастное колесо с внутренними каналами. Колесо располагается внутри корпуса улиткообразной формы.

Если корпус насоса и всасывающая труба залиты водой, то при вращении колеса вода под действием центробежной силы будет выбрасываться из внутренних каналов колеса в камеру нагнетания. На место выброшенной воды вследствие образовавшегося разрежения в центре колеса по всасывающей трубе будет поступать вода из источника. Давление в камере нагнетания и скорость движения воды будут тем большими, чем больше обороты колеса насоса. Но для скорости движения воды существует определенный предел, выше которого ухудшается к. п. д. насоса. Поэтому для со-

здания высоких напоров вместо увеличения скорости применяют многоколесные насосы, в которых воду пропускают через несколько рабочих колес последовательно.

Особенностью работы центробежных насосов при постоянном числе оборотов является уменьшение производительности Q с увеличением напора H . Изменение Q в зависимости от изменения напора H при постоянных оборотах называется рабочей характеристикой насоса. Такие характеристики строят по опытным данным, получаемым при испытании насоса. При изменении производительности и напора меняется потребляемая насосом мощность P и его к. п. д. (рис. 154).

Из приведенного рисунка видно, что с увеличением производительности Q мощность, потребляемая насосом, растет, а значение к. п. д. сначала растет, а затем начинает снижаться.

Из центробежных насосов наиболее распространенными в сельском хозяйстве являются насосы типа К — горизонтальные, одноступенчатые консольные с односторонним входом воды. Данные о насосах этого типа приводятся в таблице 47.

Перед пуском центробежный насос заливают водой, иначе он не сможет засосать воду, а на приемный конец всасывающей трубы насаживают вса-

сывающий клапан, без которого невозможна была бы заливка водой насоса перед пуском. При постоянном числе оборотов подачу насоса регулируют вентилем на нагнетательной трубе.

ТАБЛИЦА 47

Технические данные центробежных насосов типа К

Марка насоса	Производительность (м ³ /ч)	Полный напор (м)	Число оборотов в минуту	Мощность электродвигателя (квт)	К. п. д. насоса (%)	Высота всасывания (м)	Вес (кг)
1,5К-6	6	20,3	2900	1,7	44,0	6,6	30
	11	17,4			55,5	6,7	
	14	14,0			53,0	6,0	
2К-6	10	34,5	2900	4,5	50,6	8,7	35
	20	30,8			64,0	7,2	
	30	24,0			63,5	5,7	
3К-6	30	62,0	2900	14,0	54,4	7,7	116
	45	57,0			63,5	6,7	
3К-9	30	15,8	2900	7,0	63,0	7,1	50
	54	8,3			68,0	6,2	

Для добывания воды из глубоких скважин применяются установки с погружным электродвигателем и эрлифтные.

Погружная установка типа АП — артезианская погружная — представляет собой агрегат в виде цилиндра, состоящий из центробежного много-

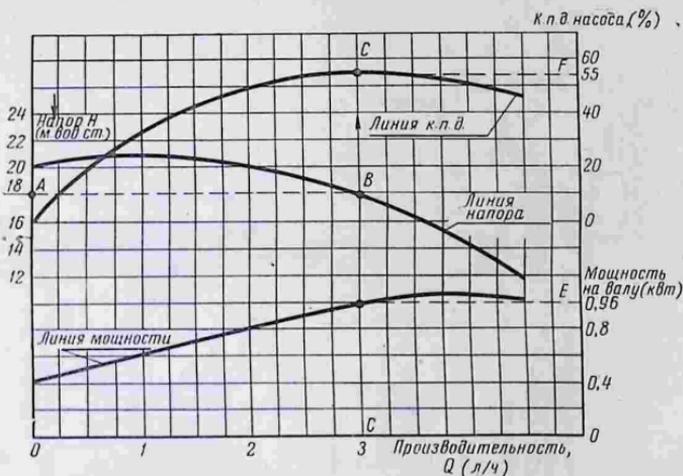


Рис. 154. Рабочая характеристика центробежного насоса.

колесного насоса, соединенного через фланец непосредственно с электродвигателем. Короткозамкнутый электродвигатель располагается ниже насоса и защищен специальной полихлорвиниловой изоляцией, что дает ему возможность работать в воде.

Статорная обмотка заложена в закрытые пазы, а в лобовых частях заключена в резиновые чехлы с водонепроницаемым соединением.

Вода циркулирует через зазор между статором и ротором, что обеспечивает хорошее охлаждение обмоток двигателя. Концы статорной обмотки

соединены непосредственно с четырехжильным кабелем, имеющим резино-вую изоляцию.

Схема установки с погружным насосом приведена на рисунке 155.

Технические данные по насосам типа АП и ЭПЛ приведены в таблице 48.

ТАБЛИЦА 48

Технические данные насосов типа АП и ЭПЛ

Марка насоса	Производительность (м ³ /ч)	Полный напор	Мощность электродвигателя (квт)	Диаметр обсадной трубы (мм)
6АП-9×6	7,2	50	2,5	150
8АП-9×6	18	100	12	200
ЭПЛ-6	14—18	75—65	8	150
6АПВ-9×12	7,5	75	4	150
8АПВ	12	120	12	200

При пастбищном водоснабжении в районах отгонного животноводства в комплекте с передвижной электростанцией применяются плавающие центробежные насосы марки ПН-Ю (рис. 156).

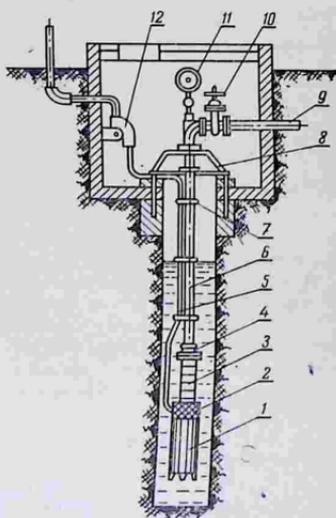


Рис. 155. Схема установки с погружным насосом типа АП:

1 — электродвигатель; 2 — сетка-фильтр; 3 — насос; 4 — нагнетательная трубка; 5 — кабель; 6 — нагнетательная труба; 7 — крепление кабеля; 8 — обсадная рама; 9 — водоразборный трубопровод; 10 — вентиль; 11 — манометр; 12 — ввод кабеля.

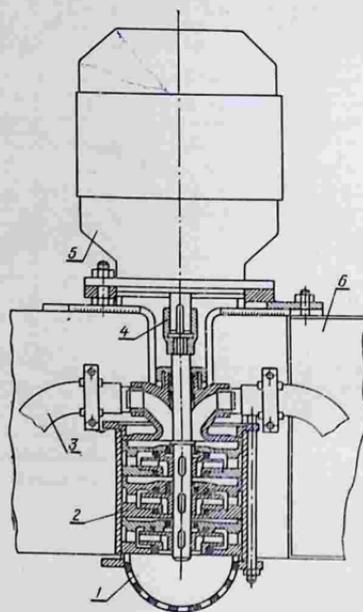


Рис. 156. Плавающий центробежный насос ПН-Ю:

1 — фильтр; 2 — многоколесный насос; 3 — нагнетательная труба; 4 — муфта; 5 — электродвигатель; 6 — понтон.

Агрегат состоит из трехколесного центробежного насоса и непосредственно соединенного с ним электродвигателя АОЛ 32-2 мощностью 1 *квт* с противосыростной изоляцией.

Агрегат имеет понтон, благодаря которому он плавает в открытом водоеме или шахтном колодце, и это весьма упрощает монтаж и ускоряет время пуска агрегата в эксплуатацию.

Производительность насоса от 3,5 до 6,5 $\text{м}^3/\text{ч}$. Напор в пределах 20 м. Вес 54 кг.

Разновидностью центробежных являются вихревые насосы, у которых рабочим колесом является стальной диск с фрезерованными по окружности пазами, образующими лопатки. Во время работы насоса у всасывающего отверстия образуется разрежение, благодаря чему вода из источника всасывается самостоятельно, поэтому вихревые насосы в отличие от центробежных называются самовсасывающими и при их пуске необходимо залить водой только корпус насоса. При одинаковом числе оборотов вихревые насосы развивают напор, в 3—5 раз больший, чем центробежные.

Данные о некоторых вихревых насосах приведены в таблице 49.

ТАБЛИЦА 49

Технические данные вихревых насосов

Марка	Производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$)	Полный напор (м)	Число оборотов колеса в минуту	Мощность электродвигателя (<i>квт</i>)	Высота всасывания (м)	Вес (кг)
1В-0,9	1—2,5	37—9,5	1490	1,7	6,5	42
1,5В-1,3	3—6	58—23	1490	2,8	6	45
2В-1,6	6—10	54—26	1450	4,5	5	48
2,5В-1,8	11—17	60—30	1450	10	4,5	55
ЭВ-2,7	20—35	90—40	1450	28	4	60

Эрлифтные установки применяются для подъема воды из буровых скважин при помощи сжатого воздуха, подаваемого компрессором (рис. 157). Воздух через форсунку подается во всасывающую трубу и смешивается с водой. Образуется воздушно-водяная смесь (эмульсия), которая, будучи легче воды, поднимается в водоподъемной трубе на высоту, тем большую, чем больше воздуха применено к воде.

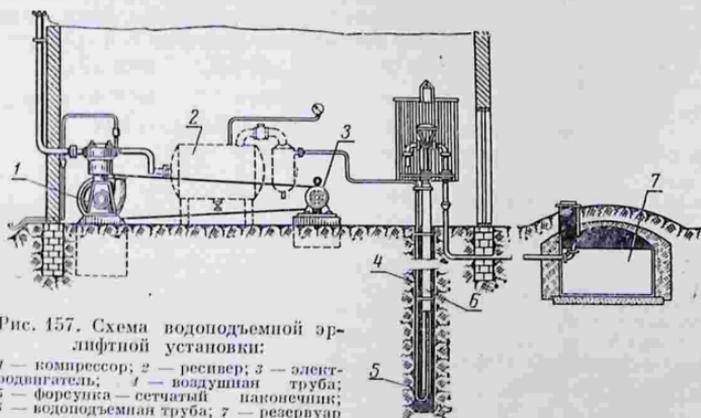


Рис. 157. Схема водоподъемной эрлифтной установки:

- 1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — электродвигатель; 4 — воздушная труба; 5 — форсунка — сетчатый наконечник; 6 — водоподъемная труба; 7 — резервуар для воды.

Технические данные по эрлифтным установкам приведены в таблице 50.

ТАБЛИЦА 50

Технические данные эрлифтных установок

Диаметр водоподъемных труб (мм)	Диаметр воздушных труб (мм)	Производительность (м ³ /ч)	Наименьший диаметр обсадных труб (мм)
40	3,5	3,6—7,2	75
50	9,5—12,5	4,6—8,6	75
65	19	10,8—16,2	100
75	25	14,4—21,6	125
100	32—38	20—40	150
150	50	64,6—97,2	200

Количество воздуха, необходимое для подъема 1 м³ воды, в зависимости от высоты подъема следующее.

	Высота подъема воды (м)				
	15	30	60	90	120
Расход воздуха на подъем 1 м ³ воды (м ³) . . .	2—1,8	3,6—2,9	5,85	8,6—7,9	11,2—10,5

Для эрлифтных установок применяются поршневые компрессоры с давлением до 7 ат.

Поршневые насосы более сложны и громоздки по сравнению с центробежными, но в практике сельскохозяйственного водоснабжения довольно широко применяются при подаче сравнительно небольших количеств воды на значительную высоту. Поршневые насосы делятся на насосы простого, двойного и дифференциального действия.

У насоса простого действия за один ход поршня вода только всасывается, а за другой — только нагнетается; у насоса двойного действия при каждом ходе поршня вода и всасывается, и нагнетается.

В сельскохозяйственном водоснабжении используются различные типы поршневых насосов.

Наиболее распространенные из них «Бурвод III» предназначаются для подъема воды из трубчатых и шахтных колодцев глубиной до 100 м.

Лебедки «Бурвод III» работают через трансмиссию от электродвигателя. Они укомплектованы поршневыми штанговыми насосами с цилиндрами 145 и 92 мм; технические данные по ним приведены в таблице 51.

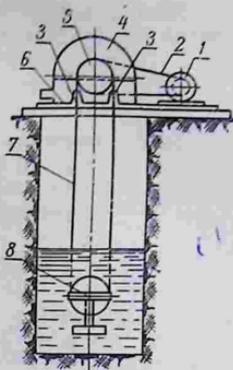
ТАБЛИЦА 51

Технические данные насосов и лебедок «Бурвод III»

Показатели	Диаметр цилиндров насоса (мм)	
	150/145	95/92
Производительность (м ³ /ч)	10	До 4
Ход поршня (мм)	300	300
Число качаний в минуту	37	37
Среднее число оборотов шкива в минуту	600	600
Максимальная высота нагнетания (м)	60	90
Потребная мощность (квт)	10	7
Длина лебедки (мм)	1080	1080
Ширина лебедки (мм)	870	870
Высота лебедки (мм)	1610	1610

Рис. 158. Схема устройства ленточного водоподъемника «Ашхабадец»:

1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — карманы; 4 — крышка; 5 — ведущий шкив; 6 — рама; 7 — водоподъемный прорезиненный ремень; 8 — натяжное устройство.



Для подъема воды из открытых водоемов или шахтных колодцев глубиной до 25 м, поения скота на пастбищах и подачи воды на поливные участки применяют спирально-цепные, ленточные и веревочные водоподъемники.

Общая схема устройства ленточного водоподъемника «Ашхабадец» приведена на рисунке 158.

Водоподъемник имеет два блока: верхний ведущий, вращаемый от электродвигателя, и нижний с грузом для натяжения ремня, размещаемый в колодце с погружением в воду на 0,5 м. Через блоки перекинут бесконечный прорезиненный ремень сечением 50×5 или 100×4 мм.

При вращении ремень перематывается на блоках и, проходя толщу воды в колодце, поднимает ее наверх. С верхнего блока вода под действием центробежной силы стекает в приемный лоток или резервуар. Ленточные водоподъемники хорошо работают при скорости движения ремня 6 м/сек.

Производительность ленточных подъемников и потребная мощность двигателей даны в таблице 52.

ТАБЛИЦА 52

Производительность ленточных водоподъемников и потребная мощность электродвигателей

Показатели	Высота подъема воды (м)						
	20	30	40	60	70	80	100
Производительность (м ³ /ч)	6,5	6,4	6,3	6,0	5,8	5,7	5,5
Мощность электродвигателя (квт)	1,7	1,7	2,8	2,8	2,8	4,5	4,5

Выбор мощности двигателя для насоса. По требуемому напору и максимальному часовому расходу воды в хозяйстве подбирают насос, а к нему — двигатель соответствующей мощности. Мощность двигателя для центробежного насоса определяется по следующей формуле:

$$P_{дв} = \frac{Q\gamma(H + \Delta H)}{102 \eta_n \eta_{п}} \text{ квт},$$

где Q — производительность насоса (м³/сек). Здесь учитывается секундный расход воды (м³) исходя из того, что насос работает t часов в сутки;

$$Q = \frac{Q_{манс.с} \alpha_ч}{t \cdot 3600} \text{ м}^3/\text{сек};$$

$Q_{манс.с}$ — максимальный суточный расход воды (м³/сут);

t — число часов работы насоса в сутки;

γ — удельный вес воды, равный 1000 кг/м³;

H — напор, или полная высота подачи (м);

ΔH — фиктивная величина высоты подачи, эквивалентная величине потерь напора на преодоление сопротивлений (м);

η_n — коэффициент полезного действия насоса;

$\eta_{п}$ — коэффициент полезного действия передачи от двигателя к насосу;

102 — переводной коэффициент, показывающий, что 102 кг/м/сек равны мощности в 1 квт;

$\alpha_ч$ — коэффициент часовой неравномерности.

Мощность двигателя для поршневого насоса простого действия определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{сек}} H \gamma}{102 \eta_{\text{н}} \eta_{\text{м}}} \text{ квт},$$

где $Q_{\text{сек}}$ — действительная производительность насоса ($\text{м}^3/\text{сек}$), равная $Q_{\text{сек}} = \eta_0 Q_{\text{т}}$;
 η_0 — объемный коэффициент, равный 0,85—0,90;
 $Q_{\text{т}}$ — теоретическая производительность ($\text{м}^3/\text{сек}$), равная:

$$Q_{\text{т}} = \frac{Fsn}{60} \text{ м}^3/\text{сек},$$

F — площадь поршня (м^2);

s — ход поршня (м);

n — число ходов поршня в минуту.

Для насоса двойного действия мощность определяется по той же формуле, что и для насоса простого действия, но

$$Q_{\text{сек}} = \eta_0 \frac{(2F-f)sn}{60} \text{ м}^3/\text{сек},$$

где f — площадь сечения штока (м^2).

4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОВОДОКАЧКИ

В сельском хозяйстве широко применяются автоматически действующие электроводокачки башенного и безбашенного типов.

Автоматическая безбашенная электроводокачка ВЭ-2,5М с напорным котлом не требует сооружения водонапорной башни, поэтому безбашенные автоматические водокачки значительно дешевле башенных.

Общий вид безбашенной водокачки ВЭ-2,5 М в шахтном колодце представлен на рисунке 159.

Электроводокачка ВЭ-2,5М состоит из вихревого насоса марки 1,5В-1,3 или 2ЛК-10, электродвигателя с короткозамкнутым ротором марки АО41-4 мощностью 2,8 квт, воздушно-водяного котла емкостью 0,8 м^3 и реле давления.

Валы насоса и электродвигателя соединяются непосредственно через муфту.

Водокачка с напорным котлом работает следующим образом. Когда начинается разбор воды, то сначала вода подается к потребителю из котла под напором сжатого в нем воздуха. По мере расхода воды давление в котле падает до тех пор, пока реле давления не замкнет контакты катушки магнитного пускателя, в результате чего электронасосный агрегат начинает работать. При этом насос подает воду непосредственно потребителю, а излишки поступают в воздушно-водяной котел. По мере наполнения котла водой в нем снова повышается давление до определенного предела, при котором происходит отключение электронасосного агрегата через магнитный пускатель. Таким образом, при помощи реле давления (рис. 160) установка автоматически включается во время водоразбора и выключается при его прекращении.

При повышении давления в напорном котле резиновая мембрана реле действует через шток на главный рычаг А, а с ним связан другой рычаг, на длинном плече которого укреплен подвижный контакт. К неподвижному контакту подводят провода от катушки магнитного пускателя. При определенном давлении в котле подвижные контакты отходят от неподвижных и двигатель выключается. При пониженном давлении вновь замыкаются подвиж-

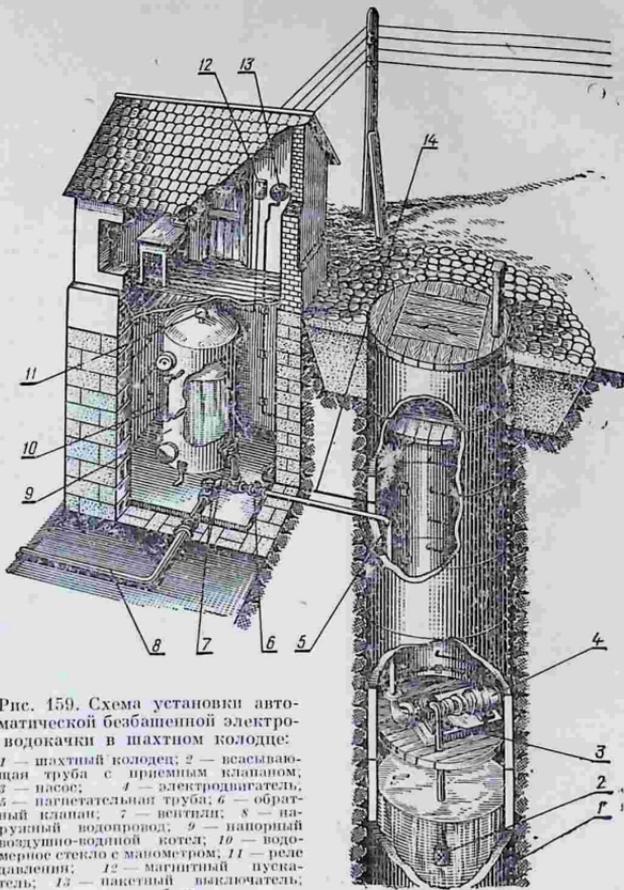


Рис. 159. Схема установки автоматической безбашенной электроводокачки в шахтном колодце:

1 — шахтный колодец; 2 — всасывающая труба с приемным клапаном; 3 — плавок; 4 — электродвигатель; 5 — нагнетательная труба; 6 — обратный клапан; 7 — вентили; 8 — наружный водопровод; 9 — паровой воздушно-водяной котел; 10 — водомерное стекло с манометром; 11 — реле давления; 12 — магнитный пускатель; 13 — пакетный выключатель; 14 — кабель.

ные контакты с неподвижными и электродвигатель приводится в действие.

Электрическая схема безбашенной водокачки ВЭ-2,5М приведена на рисунке 161. Электроэнергия от сети подводится к пакетному выключателю типа НКЗ-25 с пятью предохранителями пробочного типа, рассчитанными при напряжении 380 в на ток 5 а, а при напряжении 220 в на 10 а. После предохранителей последовательно включен магнитный пускатель типа П-211, в котором имеется защита электродвигателя от перегрузок, выполненная в виде тепловых реле ТРА-7, включенных в две фазы.

В зависимости от напряжения питающей сети переключку П необходимо установить в одно из трех положений:

- а) при напряжении 220/380 в с нулевым проводом в положение Л4 — О;
- б) при напряжении 127/220 в с нулевым проводом в положение Л3 — Л4;
- в) при напряжении 220 в с изолированной нейтралью в положение Л3 — Л2, а зажим станции «Нуль» соединить с защитным заземлением.

Техническая характеристика электроводокачки ВЭ-2,5М следующая:

производительность	3,0—6,0 м ³ /ч
напор	от 20 до 50 м
мощность электродвигателя	2,8 квт
число оборотов в минуту	1420
габаритные размеры котла (мм):	
диаметр	812
высота	1910
вес котла	250 кг
внутренний диаметр всасывающих и нагнетательных патрубков	25 мм
коэффициент полезного действия установки	0,25—0,30
верхний предел давления (выключения) в котле	4 ат
минимальное давление, при котором электродвигатель включается	1 ат

Водокачка ВЭ-2,5М укомплектована котлом, позволяющим применять ее в хозяйствах с суточным расходом воды до 35—40 м³.

Водокачка ВЭ-2,5М может быть использована при заборе воды как из открытых водоемов, так и из шахтных колодцев глубиной до 30 м. Так как

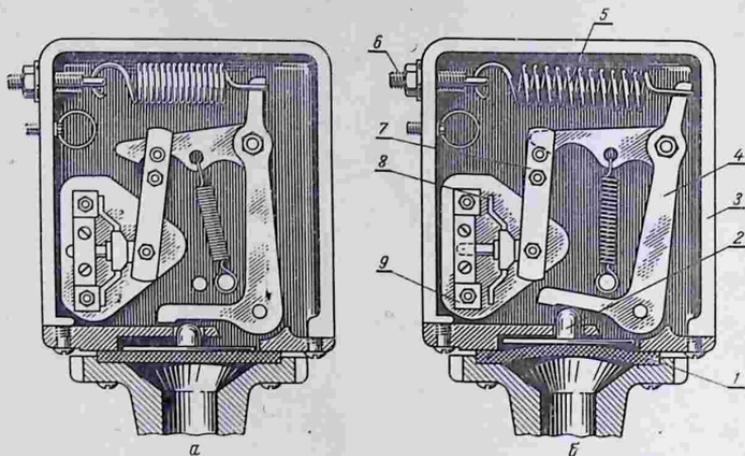


Рис. 160. Реле давления:

1 — включено; 6 — выключено; 1 — резиновая мембрана; 2 — шток; 3 — корпус; 4 — главный рычаг; 5 — пружина; 6 — регулировочный винт; 7 — рычаг; 8 — подвижный контакт; 9 — неподвижный контакт.

в котле водокачки ВЭ-2,5М сжатый воздух довольно интенсивно растворяется в воде, приходится через 15—20 дней водокачку останавливать и, освободив котел от воды, заполнять его воздухом.

Емкость напорного бака определяется в зависимости от суточного графика водопотребления и графика работы насосной станции. Если насосная станция не автоматизирована, бак должен быть рассчитан примерно на 25% суточного расхода. При автоматической работе насосной станции число включений ее в работу может быть многократным в течение суток, и в этом случае емкость бака составляет примерно $\frac{1}{100}$ максимального суточного расхода.

Кроме водокачки ВЭ-2,5М, выпускаются безбашенные водокачки ВУ-21, оборудованные устройством для пополнения бака воздухом. Объем бака уменьшен до 0,5 м³.

В ВИЭСХ выполнена (Р. М. Славин) автоматическая водокачка с двухкамерным котлом (рис. 162), которая в сравнении с водокачкой ВЭ-2,5М имеет в 2 раза меньший вес и металлоемкость за счет сокращения объема котла.

В двухкамерном котле вода отделена от воздуха непроницаемой перегородкой (из резины, полимерного пластика и т. п.) При работе водокачки

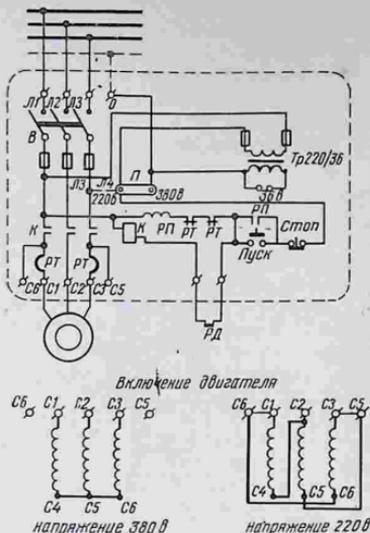


Рис. 161. Электрическая схема безбашенной водокачки ВЭ-2,5М:

В — пакетный выключатель; П — переключик; К — магнитный пускатель-контактор; РП — реле промежуточное; РТ — реле тепловое; РД — реле давления; Тр — трансформатор.

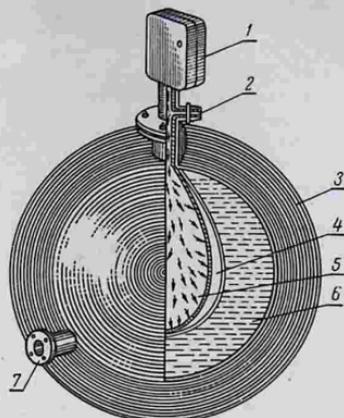


Рис. 162. Схема двухкамерного котла-регулятора:

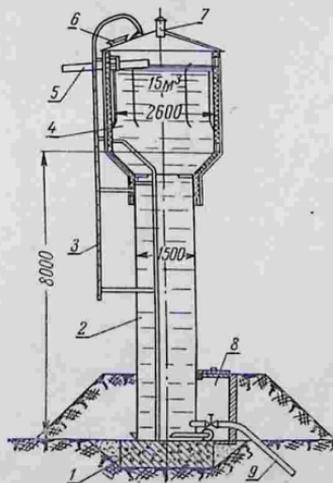
1 — реле давления; 2 — фланец; 3 — корпус; 4 — внутренняя камера; 5 — воздух; 6 — вода; 7 — патрубок к водопроводу.

воздух под повышенным давлением заполняет внутреннюю камеру котла, а вода — пространство между воздушной эластичной камерой и стенками котла. Такой двухкамерный котел способен создавать напор без потери воздуха в процессе работы водокачки. По данным ВИЭСХ, использование малообъемного двухкамерного котла позволит, например, водокачке типа ВЭ-2,5М работать с котлом емкостью 50—100 л вместо существующего объемом 800 л.

Автоматические башенные электроводокачки. Чтобы удешевить и ускорить строительство водонапорных башен, разработаны и изготовляются на заводах с емкостью бака 15 и 25 м³ металлические бесшатровые водонапорные башни системы инженера А. А. Рожновского (рис. 163). Центральная часть башни выполняет роль бака, но водой заполнена вся колонна, дающая резервную емкость воды 14—25 м³. Стоимость сооружения таких башен обходится в 4—5 раз дешевле по сравнению с шатровыми, и ввод их в эксплуатацию сокращается с 6—7 месяцев до 12 дней.

Рис. 163. Сборноблочная бесшатровая водонапорная башня:

1 — фундамент; 2 — колонна; 3 — наружная лестница; 4 — бак; 5 — контрольная труба; 6 — люк; 7 — вентиляционная труба; 8 — колодец; 9 — разборная труба.



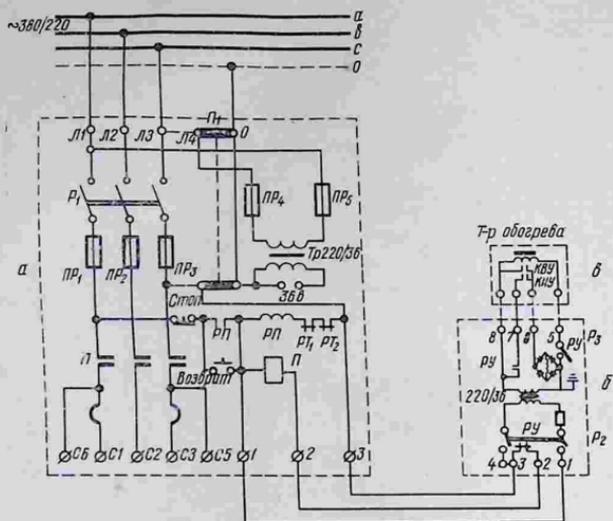


Рис. 164. Электрическая схема АБВ-КД для автоматического управления башенной водокачкой:
 а — станция управления; б — пост управления; в — контактный датчик уровня.

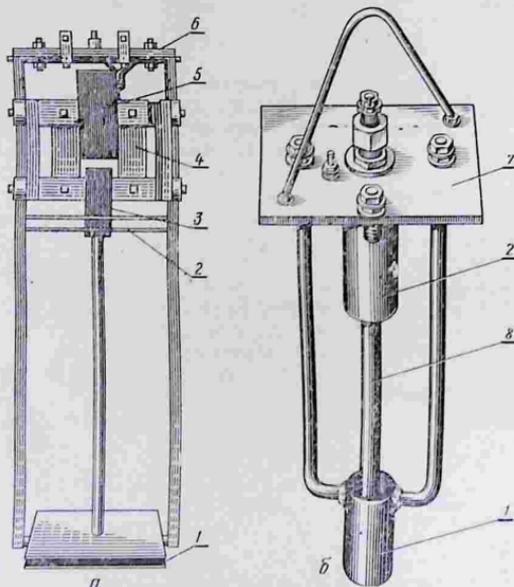


Рис. 165. Контактные датчики уровня:

а — пластинчатый; б — трубчатый; 1 — контакты нижнего уровня — КНУ; 2 — контакты верхнего уровня — КВУ; 3 — вторичная обмотка трансформатора; 4 — сердечник трансформатора; 5 — первичная обмотка трансформатора; 6 — панель; 7 — основание; 8 — центральная труба.

Для автоматизации работы башенных водокачек применяется аппаратура марки АБВ-КД, электрическая схема которой приведена на рисунке 164. В комплект входят станция управления, пост управления и контактный датчик. Устройством, следящим за уровнем воды в баке, служит контактный датчик (рис. 165, а), размещаемый в напорном баке. Датчик имеет две пары стальных параллельных пластин, удаленных друг от друга на регулируемую толщину воды 50 см.

При заполнении бака пластины заливаются водой, что приводит к замыканию электрической цепи и подаче сигнала на отключение электродвигателя насоса. При разборе воды, когда пластины выходят из воды, электрическая цепь размыкается и подается сигнал на включение электродвигателя насоса. Во избежание образования льда в зимнее время верхние пластины датчика с контактами верхнего уровня (КВУ) могут получить электрический обогрев от вторичной обмотки трансформатора. Цепь обогрева включается рубильником P_3 (рис. 164), потребляемая мощность 100 *вт* при напряжении 36 *в*. Напряжение в 36 *в* датчик получает от трансформатора 220/36.

Аппаратура типа АБВ-КД выпускается для электродвигателей мощностью 2,8; 4,5; 7 и 10 *квт*. В станции управления системы АБВ-КД имеется защита электродвигателя от перегрузок с помощью тепловых реле типа ТРА и от тока короткого замыкания с помощью предохранителей. Станция управления, размещаемая в непосредственной близости от двигателя, включается пакетным выключателем ПКЗ-25, к его зажимам Л1, Л2, Л3 подводится напряжение от сети. Для управления двигателем служит магнитный пускатель П. Цепь катушки магнитного пускателя автоматически замыкается и размыкается в зависимости от затопления водой контактов датчика. Пост управления устанавливается у основания башни и включается в цепь выключателем P_2 .

С 1960 года система автоматики типа АБВ-КД выпускается с трубчатым контактным датчиком (рис. 165, б), имеющим верхнее основание из изоляционного материала, контакты верхнего и нижнего уровней, а также центральную трубку, в которой размещается нагревательный элемент — спираль из нихрома, питаемый напряжением 36 *в* от понижающего трансформатора поста управления.

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФЕРМ ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ

Для обеспечения скота теплой водой в зимнее время применяется циркуляционная система автопоения (рис. 166). В этой системе к магистральному водопроводу последовательно включен вихревой насос марки 1В-0,9

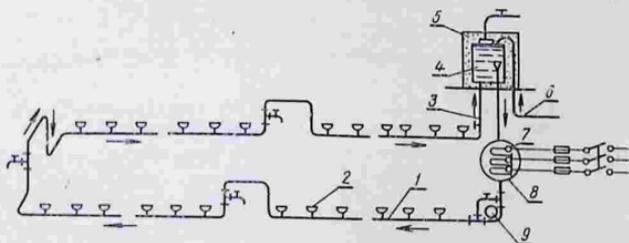


Рис. 166. Циркуляционная система поения скота подогретой водой:

1 — магистральный водопровод; 2 — автопоилки; 3 — стояк; 4 — смесительный бак; 5 — кожух бака; 6 — внешний водопровод; 7 — электродонагреватель; 8 — бак электродонагревателя; 9 — вихревой насос.

с электродвигателем мощностью 1 *квт*, герметически закрытые бак электронагревателя и смесительный бак. Нагревательный трехфазный элемент мощностью 6 *квт*, размещенный внутри бака, соединен в звезду. После

заполнения системы водой включаются насос и нагревательный элемент. Вода начинает циркулировать, и холодная вода, поступающая из внешней сети, перемешивается с теплой, получаемой в подогревателе. Средняя температура воды, поступающей в поилки, 12—15°. Поение животных в холодное время года водой комнатной температуры позволяет экономить корма, повышать удой и привесы, а также уменьшать заболеваемость животных.

ВЭТ-200. Для приготовления горячей воды на электрифицированных животноводческих фермах используется электрический водонагреватель-термос ВЭТ-200 конструкции ВИЭСХ.

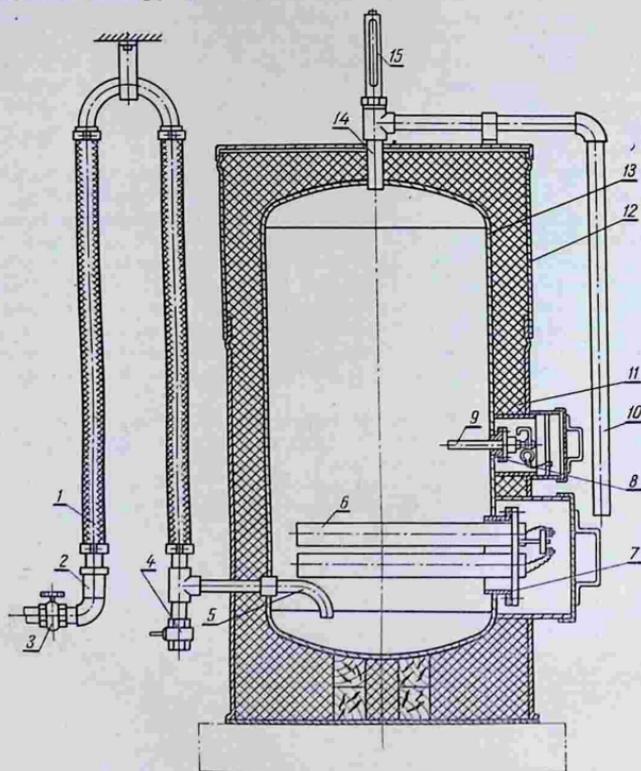


Рис. 167. Электрический водонагреватель-термос ВЭТ-200:

1 — резиновый шланг; 2 — обратный клапан; 3 — запорный вентиль; 4 — спускной кран; 5 — подача холодной воды; 6 — нагреватель; 7 — большой штуцер; 8 — малый штуцер; 9 — тепловое реле; 10 — водоразборный трубопровод; 11 — теплоизоляция; 12 — кожух; 13 — резервуар; 14 — патрубок разбора горячей воды; 15 — термометр.

Аппарат рассчитан на питание водой от фермского водопровода с давлением 3 ат.

Водонагреватель работает автоматически. Общее устройство представлено на рисунке 167. Водонагреватель изготовлен из листовой стали. В резервуар водонагревателя сварены большой штуцер с прикрепленным к нему трехфазным нагревательным устройством и малый штуцер с температурным реле.

Через нижний патрубок, внутренний конец которого загнут книзу, резервуар наполняется холодной водой, а через верхний происходит разбор горячей воды.

Обратный клапан питающего трубопровода пропускает воду в резервуар и не выпускает ее обратно в водопровод.

Резиновые шланги изолируют водонагреватель от водопровода, что повышает безопасность эксплуатации аппарата. Спускной кран служит для опорожнения резервуара при его чистке, ремонте и т. д.

На верхнем патрубке имеется тройник, в котором помещается термометр в оправе. К горизонтальному отрезку тройника присоединяется разборный трубопровод (кран на нем не ставится).

Нагревательное устройство представляет собой три стальные трубы диаметром 50—60 мм, заглушенные донцами.

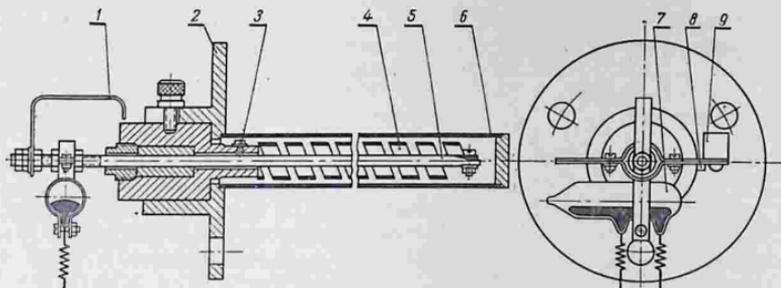


Рис. 168. Тепловое реле:

1 — П-образный палец; 2 — фланец-обойма; 3 — место крепления спирали к корпусу; 4 — биметаллическая спираль; 5 — валик; 6 — трубка; 7 — ртутный переключатель; 8 — упор; 9 — противовес.

В каждую трубу вставлен электрический нагревательный элемент, состоящий из изолированного сердечника с каналами и заложенной в каналы нагревательной спирали из нихромовой проволоки диаметром 1 мм. На один элемент расходуется 18 м такой проволоки.

Температурное реле (рис. 168). Внутри трубки находится биметаллическая спираль из двухслойной ленты. Наружный слой изготовлен из сплава, сильно расширяющегося при нагревании, а внутренний — из сплава, который при нагревании практически не расширяется, поэтому при нагревании биметалла изменяет свою форму.

Один конец спирали прикреплен к корпусу, а другой соединен с концом валика. Выходящий из корпуса конец валика имеет резьбу. На этой части валика свободно подвешен ртутный переключатель контактными отрезками вниз.

На конце валика укреплен П-образный палец, конец которого заострен в виде стрелки. При настройке реле, если температуру нагрева воды надо повысить, П-образный палец необходимо повернуть по часовой стрелке, если понизить, то, наоборот, — против часовой стрелки.

Перемещение пальца на одно деление изменяет температуру выключения на 5°. Деления нанесены под стрелкой пальца на корпусе реле. Под действием противовеса переключатель стремится опрокинуться вправо, но этому мешает упор.

В комплект водонагревателя входит магнитный пускатель типа П-2 на 13,5 а с катушкой на 380 в, трехполюсный рубильник с кожухом и три предохранителя.

Аппарат включают в электрическую сеть 380/220 в. При напряжении 380 в все соединения выполняют по схеме, показанной на рисунке 169, и на-

греватель соединяют в звезду, а при напряжении сети 220/127 в нагревательные элементы соединяют в треугольник, при этом заменяют катушку пускателя на 220 в.

Корпус аппарата, кожух рубильника, пускатели и трубу, в которой прокладывают провода, подводящие напряжение к водонагревателю, заземляют. Сопротивление заземления должно быть не больше 10 ом. При вводе аппарата первый раз в действие наполняют резервуар водой до ее вытекания через разборную трубу. Затем закрывают вентиль и включают рубильник. Через замкнутые контакты теплового реле включается катушка магнитного пускателя, который срабатывает на включение нагревательного устройства.

По мере нагрева воды биметаллическая спираль температурного реле закручивается и поворачивает против часовой стрелки валик с укрепленным на нем пальцем. Дойдя до левого плеча полухомутника, палец нажимает на него и наклоняет переключатель до тех пор,

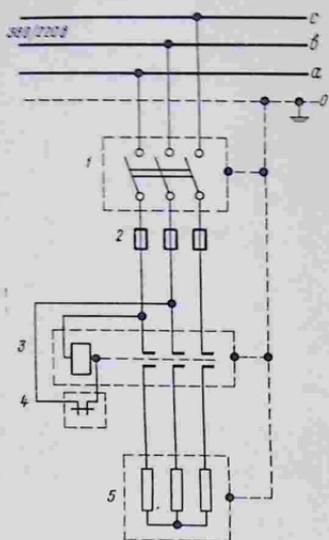


Рис. 169. Электрическая схема ВЭТ-200:

1 — рубильник; 2 — предохранители; 3 — магнитный пускатель; 4 — контакты теплового реле; 5 — нагревательное устройство.

пока ртуть не перельется к левому концу баллончика, размыкая контакты. Тогда цепь катушки пускателя разрывается и пускатель выключает нагревательное устройство.

При поступлении в резервуар холодной воды или при естественном охлаждении нагретой воды происходит раскручивание биметаллической спирали и валик с пальцами поворачивается по часовой стрелке. Одновременно с этим ртутный переключатель под действием противовеса переходит из наклонного положения в горизонтальное. Ртуть разливается по баллончику и замыкает контакты переключателя. Пускатель включает нагревательное устройство, и вода нагревается вновь до установленной температуры.

Таким образом, в резервуаре автоматически поддерживается заданная температура воды. Чтобы взять из бака горячую воду, надо открыть запорный вентиль 3 (рис. 167), и горячая вода будет вытесняться через верхний патрубок давлением холодной воды, поступающей в резервуар через нижний патрубок.

Благодаря этому резервуар всегда остается наполненным водой. Нагретую

воду нельзя разбирать через спускной край, так как это может привести к обнажению включенных нагревательных элементов, которые при этом перегорят.

Благодаря тепловой изоляции нагретая вода в аппарате остывает медленно, примерно на 1° за 1 ч. Если невозможно включать водонагреватель днем, то достаточно включать его только на ночь и пользоваться днем горячей водой. Продолжительность нагрева воды до 80° около 4 ч при расходе электроэнергии 0,11 квт·ч/л.

Вес нагревателя 250 кг.

Выпускается водонагреватель ВЭТ-400 с емкостью резервуара 400 л и потребляемой мощностью около 10 квт. Устройство ВЭТ-400 аналогично устройству ВЭТ-200.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

1. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ
ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ КОРМОВ

Животноводство является трудоемкой отраслью сельскохозяйственного производства, недостаточно еще механизированной.

На животноводческих фермах производственные работы взаимосвязаны и обусловлены. Так, правильно организованная работа кормоцеха

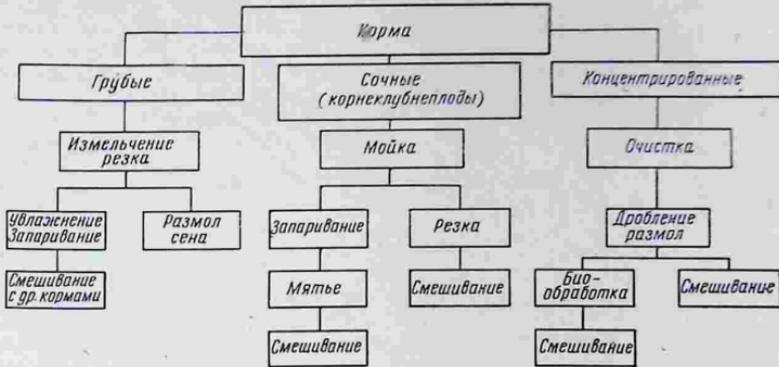


Рис. 170. Схема обработки грубых кормов, корнеклубнеплодов и концентрированных кормов.

зависит не только от своевременной подачи сырья, но и от подачи воды, электроэнергии, пара, от взаимной увязки отдельных машин по производительности, поточности производства и т. д.

По характеру производственных процессов на фермах применяются стационарные установки или установки, перемещающиеся на ограниченные расстояния. В этих условиях лучше всего механизация работ осуществляется на базе электрификации, причем наибольший эффект при электромеханизации в животноводстве получается в том случае, когда весь цикл работ (а не отдельные работы) выполняется правильно подобранной системой машин и оборудования, отвечающей объему производства и принятой технологии.

Корма животным готовят впрок и на каждый день. Основные корма,готавливаемые впрок,— это силос, сено и концентраты.

Чтобы избежать больших потерь и ежедневной подготовки корнеклубнеплодов к скармливанию, в некоторых хозяйствах их одновременно с уборкой также силосуют в сыром измельченном виде для коров и в вареном для свиней. При этом, если потери при хранении корнеклубнеплодов в буртах составляют 20—30%, потери силоса не превышают 1—2%.

Наиболее распространенные приемы обработки грубых кормов, корнеклубнеплодов и концентрированных кормов представлены в виде схемы на рисунке 170.

Из схемы видны последовательность обработки того или иного корма и состав операций. Основным операциям сопутствует ряд таких, не указанных на схеме, как прием, взвешивание, транспортировка корма от одной машины к другой, дозирование, смешивание и выдача подготовленного корма.

При машинной обработке кормов улучшаются их вкусовые качества

и повышается усвояемость их организмом животного. Кратко рассмотрим некоторые из основных современных кормоприготовительных машин.

Мойка-корнерезка МРК-5 (рис. 171) может одновременно и одновременно выполнять мойку и резку корнеклубнеплодов.

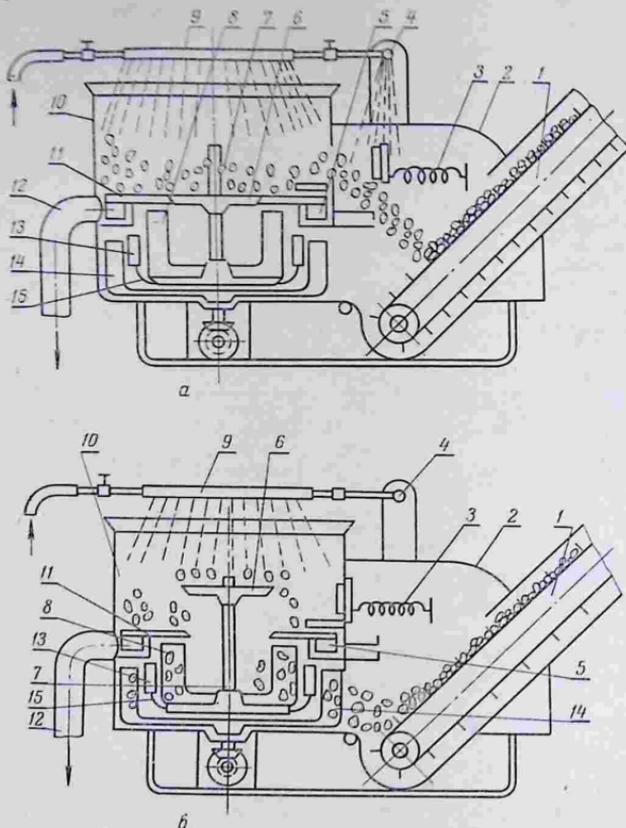


Рис. 171. Мойка-корнерезка МРК-5:

а — при мойке корнеклубнеплодов; б — при мойке и резке; 1 — транспортер; 2 — коух камеры транспортера; 3 — пружинная заслонка; 4 — вспомогательный ороситель; 5 — лопасть для удаления грязи; 6 — малый моечный диск; 7 — вал ротора машины; 8 — трехлопастный крылач ножевого аппарата; 9 — кольцевой ороситель; 10 — внешний цилиндр; 11 — большой моечный диск; 12 — грязеотводная труба; 13 — нож; 14 — второй трехлопастный крылач; 15 — внутренний цилиндр с ножами.

Мойка-корнерезка состоит из двух цилиндров — внешнего и внутреннего. В вырезах внутреннего цилиндра неподвижно установлены три вертикальных ножа, против которых шарнирно закреплены направляющие козырьки. Козырьки можно ставить в различные положения относительно ножей, чем достигается изменение толщины резки в пределах 1—30 мм, или выключение ножей из работы.

На вертикальном валу внутри цилиндра закреплены моечные диски, трехлопастный крылач, вращающийся во внутреннем цилиндре, и второй трехлопастный крылач, лопасти которого вращаются между внутренним и внешним цилиндрами.

Внешний цилиндр имеет три выреза: один для выхода мытых корнеплодов, второй для выхода резаных корнеплодов, третий для вывода грязной воды. Во внешний цилиндр вода поступает из кольцевого оросителя, расположенного над цилиндром и соединенного с водопроводом. Сбоку у внутреннего цилиндра расположен цепной планчатый транспортер скребкового типа, шарнирно соединенный с рамой.

Большой диск, закрепленный на трехлопастном крыльце, и малый диск установлены на общем вращающемся со скоростью 140 об/мин вертикальном валу. При вращении корнеклубнеплоды перемешиваются, обмываются сверху водой и под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам цилиндра, попадая через заслонку в приемную камеру транспортера. Транспортер подает корнеплоды в вагонетку или в чаны для запаривания.

При одновременной мойке и резке корнеплодов малый моченый диск поднимают вверх (рис. 171, б). Заслонку закрывают, а козырек выдвигают к середине. В этом случае корнеплоды под действием центробежной силы с малого моченого диска скатываются на большой и вместе с ним начинают вращаться. Встречая на своем пути козырек, они направляются во внутренний цилиндр, где вращается на вертикальной оси трехлопастный крылач. Крылач приводит корнеплоды во вращательное движение внутри цилиндра.

Центробежной силой корнеплоды прижимаются к стенке внутреннего цилиндра и разрезаются выступающими ножами. Из трех ножей два имеют сплошные лезвия и включаются в работу одновременно; третий нож имеет гребенчатое лезвие и включается в работу в том случае, когда нужно нарезать корнеплоды в мелкую стружку. Лопастей второго крылача выбрасывают нарезанные корнеплоды через отверстие во внешнем цилиндре на транспортер.

В грязевом желобе, устроенном внутри наружного цилиндра, перемещается лопасть, прикрепленная к большому моченому диску снизу.

Эта лопасть направляет грязную воду и грязь в грязеотводную трубу.

Рабочие органы машины и транспортер приводятся в действие от одного электрического двигателя АО-42-4 мощностью 2,8 квт (рис. 172).

Производительность машины 5 т/ч. Удельный расход электроэнергии 0,5 квт·ч/т. Вес машины 550 кг. Расход воды составляет 200—400 л/т.

Кормоприготовительный агрегат ШКА-5М (рис. 173) представляет собой комбинированную сложную машину, состоящую из центробежной цилиндрической формы корнеклубнемойки, вертикального шнека с устройством для отделения камней, запарочного трехсекционного чана с парораспределителем, мялки-смесителя и бункера концентрированных кормов с дозатором. Агрегатом могут выполняться мойка корнеклубнеплодов, отделение камней, варка корнеклубнеплодов, их мятье, смешивание с концентрированными кормами, сеной мукой, обратом, горячей водой или жидкими кормами. Агрегат имеет групповой электропривод, то есть в нем все рабочие органы и механизмы приводятся в действие от одного электродвигателя мощностью 4,5 квт.

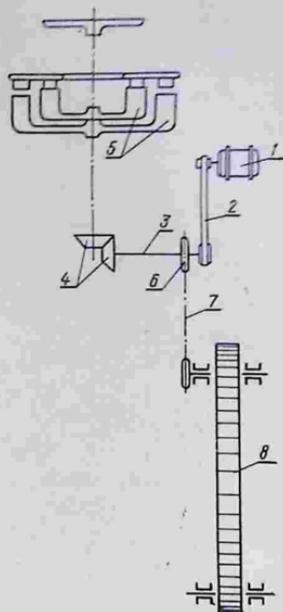


Рис. 172. Кинематическая схема МРК-5

1 — электродвигатель; 2 — ременная передача; 3 — приводной вал; 4 — конические шестерни; 5 — крылач; 6 — звездочка; 7 — цепь; 8 — транспортер.

Технологическая схема кормоприготовительного агрегата ПКА-5М представлена на рисунке 174.

Картофель загружается в центробежную мойку и вымытым поступает в бункер вертикального шнека. Освободившись от камней, поднимается по виткам шнека вверх и загружается в одну из трех секций запарного чана.

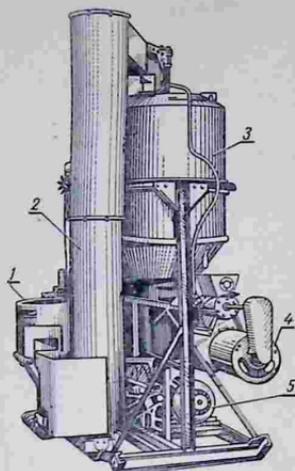


Рис. 173. Кормоприготовительный агрегат ПКА-5М:

1 — корнеклубнемойка; 2 — кожух вертикального шнека; 3 — запарный чан; 4 — миска-смеситель; 5 — электродвигатель.

Здесь картофель варится с помощью пара, поступающего в парораспределительное устройство чана от парового котла КМ-1600. Сваренный картофель через выгрузной люк в днище чана под действием собственного веса попадает в мяльный аппарат, где мнется, а затем с помощью шнека перемешивается с концентрированными кормами (или обратом), поступающими из бункера через дозатор.

Кормоприготовительный агрегат ПКА-5М используется главным образом при приготовлении кормосмесей из запаренного картофеля и концентратов для свиней.

Его производительность при запаривании картофеля 1,6 т/ч, а при подготовке кормосмесей 5 т/ч.

Агрегат также может быть использован при заготовке силоса из вареного картофеля.

При комплексной электрификации производственных процессов в животноводстве требуется большое количество пара для запаривания кормов, пропаривания молочной посуды, обогрева помещений для молодняка животных, птицы и т. д.

Для варки корнеклубнеплодов применяют огневые, паровые и электрические кормозапарники. К числу огневых запарников относятся изображенные на схемах а и б рисунка 175. Они очень несовершенны, их коэффициент полезного действия не превышает 10—15%, а степень механизации работ при их использовании крайне низка.

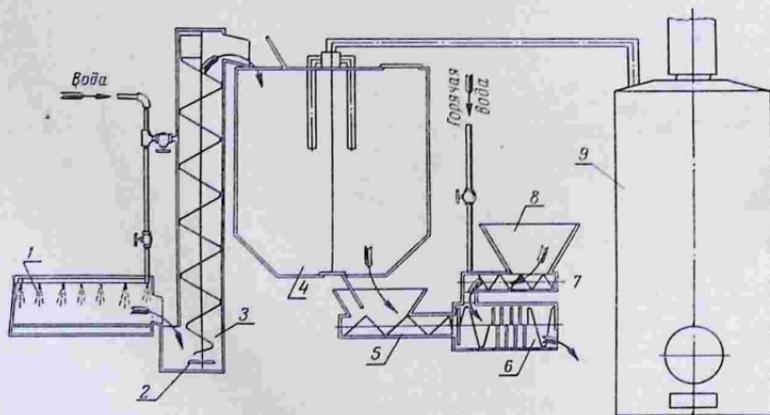


Рис. 174. Технологическая схема кормоприготовительного агрегата ПКА-5М:

1 — центробежная мойка; 2 — камнеотделительное устройство; 3 — вертикальный шнек; 4 — запарный чан; 5 — мялка; 6 — смеситель; 7 — дозатор; 8 — бункер концентрированных кормов; 9 — паробразователь КМ-1600.

Паровые запарники (схемы *в* и *г*) строят в виде деревянных или железных чаш емкостью до 500 л, установленных шарнирно на стойках. Внутри через паропровод подается пар под давлением от 0,2 до 0,7 атм. Пар получают в паровых котлах низкого давления, из них наиболее распространенными являются агрегаты ЗК-0,5 и ЗКП-1,0, КМ-1600, а также КВ-100, КВ-200 и КВ-300.

Коэффициент полезного действия паровых запарников в зависимости от конструкции их и типа парового котла составляет от 20 до 30%.

Удельный расход пара на варку корнеклубнеплодов составляет от 0,16 до 0,20 кг/кг, на запаривание соломенной резки — от 0,40 до 0,50 кг/кг.

Данные о паровых кормозапарных агрегатах и парообразователях приведены в таблице 53.

Электрозапарник (схема *д*, рис. 175) представляет собой герметически закрывающийся чан, на дне которого монтируется электронагревательный элемент.

Электронагревателями являются три нихромовые проволочные спирали с керамической изоляцией.

Коэффициент полезного действия электрозапарников с учетом потерь в сетях и в самом запарнике составляет 25—35%.

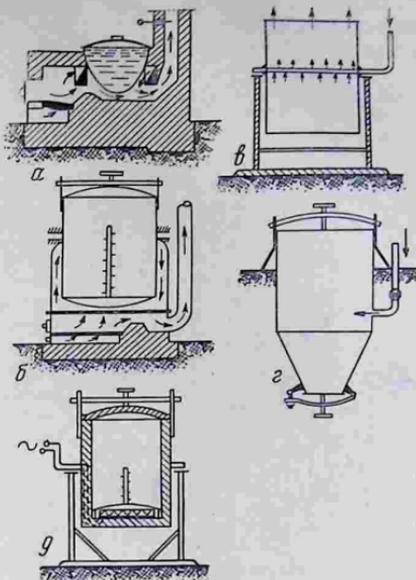


Рис. 175. Схемы запарников:

а и *б* — огневые запарники; *в* и *г* — паровые запарники; *д* — электрический элементный запарник.

ТАБЛИЦА 53

Данные о парообразователях и кормозапарных агрегатах

Показатели	Кормозапарный агрегат ЗК-0,5	Передвижной кормозапарный агрегат ЗКП-1,0	Парообразователи			
			КМ-1600	КВ-100	КВ-200	КВ-300
Поверхность нагрева котла (м ²)	3,0	6,0	13,03	5,78	9,0	14,00
Давление пара (кг/см ²)	0,2	0,2	0,25	0,70	0,70	0,70
Емкость водного котла (л)	180	335	710	367	592	1 060
Производительность котла (кг/ч)	60—65	140—150	300	100	200	300
Затрата времени на нагрев воды в котле до кипения (мин)	25—30	40—45	—	40	40	40
Габаритные размеры (мм):						
длина	3 600	3 000	—	1 600	2 300	2 850
ширина	1 300	1 430	—	1 000	1 000	1 200
высота (без труб)	2 700	2 900	3 500	1 300	1 300	1 500
Вес (кг)	600	1 200	1 100	500	850	1 200
Температура пара (град)	—	—	—	115	120—130	120—130
Расход топлива (кг/ч)	—	—	—	15	28	40

Кроме элементных, существуют электродные запарные агрегаты (конструкции ХИМЭСХ, ВИЭСХ). Агрегат состоит из электрического котла с арматурой, паропровода и запарных чанов.

Нагреватель состоит из трех стальных электродов, закрепленных на изолирующем основании. Электроды могут иметь форму угольников, дуг, пластин, цилиндров. Для подвода тока к электродам пропускают три провода, изолированные от крышки котла фарфоровыми проходными втулками трансформаторного типа.

Электрический ток проходит в котле через воду между электродами и нагревает ее. Между электродами и корпусом котла ток нежелателен, так как это ускоряет коррозию корпуса. Мощность котла зависит от электрического сопротивления воды. Небольшие изменения мощности можно получить, меняя расстояние между электродами; для значительного изменения нужно сменить комплект электродов.

Чем больше размеры электродов и чем ближе друг от друга они находятся, тем больше мощность котла.

В ВИЭСХ разработана новая электродная система (автор В. И. Смирнов) из трех электродных пар (рис. 176), соединенных в звезду.

Электродные пары собираются на трубчатой штанге, которая крепится к крышке котла. Штанга и корпуса электродных пар соединены между собой механически и электрически.

Рис. 176. Общий вид электродной системы:

1 — штанга; 2 — электродные пары; 3 — антиэлектрод; 4 — электрод; 5 — пластинчатые ребра; 6 — соединительные муфты.

Каждая электродная пара состоит из стальной трубки — антиэлектрода и стального стержня — электрода с тремя пластинчатыми ребрами. К электроду подводится напряжение.

Новая система интересна тем, что при нормальном режиме работы совершенно отсутствует потенциал на корпусе котла.

Общим недостатком электродных котлов является большое увеличение (в 2—3 раза) начальной мощности к моменту закипания воды.

Запарник-смеситель кормов ЗСК-1,0 предназначен для запаривания и мятья картофеля, смешивания его с концентратами, сеной мукой и другими кормами. Запарник (рис. 177) представляет собой цилиндрический барабан с размещенными внутри него шнеком и парораспределителем. В запарнике-смесителе ЗСК-1,0 можно готовить сухие, полужидкие и жидкие кормосмеси из концентратов, сеной муки и мелкой зеленой сечки.

Приводное устройство состоит из электродвигателя мощностью 2,8 кВт и редуктора с муфтой для включения шнека и барабана. Производительность на запаривании картофеля 1200 кг/ч, а при приготовлении кормосмесей без запаривания до 2 т/ч. Объем смесительного барабана 1,1 м³. Картофеля

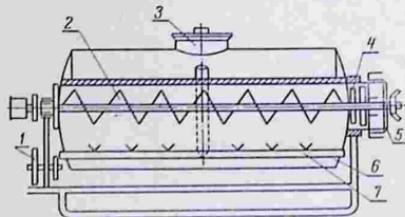


Рис. 177. Технологическая схема запарника-смесителя ЗСК-1:

1 — привод; 2 — шнек; 3 — загрузочная горловина; 4 — ось; 5 — крышка выпускной горловины; 6 — барабан; 7 — парораспределительная труба.

вмещается 700 кг. Расход пара на 100 кг корма 16 кг при давлении 0,3 атм. Число оборотов смесительного барабана 13 в минуту, число оборотов выгрузного шнека 103 в минуту. Вес смесителя 500 кг.

Машина для непрерывного запаривания картофеля ЗКН-2 ВИСХОМ (рис. 178) представляет собой передвижной

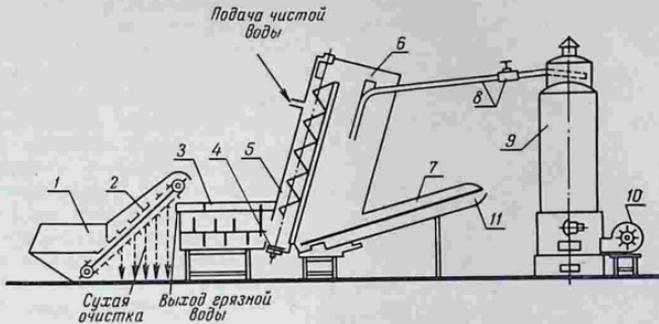


Рис. 178. Технологическая схема запарника-смесителя ЗКН-2:

1 — загрузочный бункер; 2 — цепочно-планчатый транспортер; 3 — кулачковая картофелемойка; 4 — камнеуловитель; 5 — наклонный винтовой транспортер (шнек); 6 — аппарат; 7 — погрузочный шнек; 8 — паропровод с вентилем; 9 — котел-парообразователь; 10 — вентилятор для дутья; 11 — мялка.

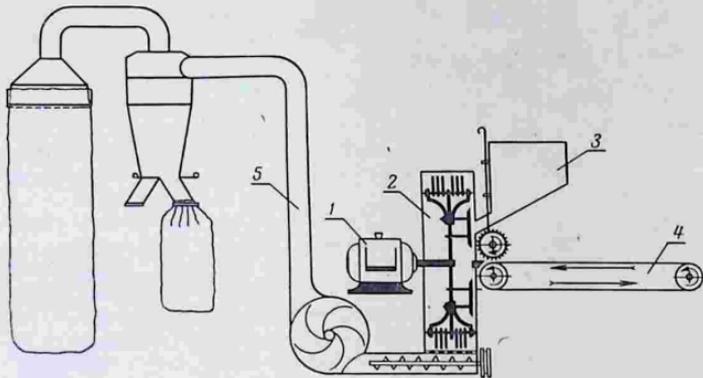


Рис. 179. Схема универсальной дробилки ДКУ-1,2М:

1 — электродвигатель; 2 — дробильная камера; 3 — загрузочный бункер для зерна; 4 — ленточный транспортер для подачи грубых кормов; 5 — транспортирующее устройство для отвода дробленых кормов.

агрегат, предназначенный как для силосования картофеля впрок, так и для ежедневного запаривания. Производительность агрегата при запаривании картофеля до 1,5 т/ч. Расход на 1 т картофеля: воды для мытья 300—500 л, пара 130—170 кг, электроэнергии 3,3 квт·ч, топлива (торф) 80 кг.

Емкость запарного чана 850—900 кг. Мощность установленных электродвигателей 6,1 квт.

Молотковые дробилки применяются для дробления разных кормов. В настоящее время широко используются в хозяйствах универсальные дробилки кормов под маркой ДКУ-1,2 и ДКУ-М. Они пригодны для измельчения всех видов зерновых, подготовки сеной муки, зеленой массы на силос и для дробления минеральных кормов.

Электропривод машины индивидуальный от электродвигателя АОБ2-4 мощностью 10 квт, установленного на общей раме с машиной и соединенного

с главным валом дробилки эластичной муфтой (рис. 179). Управляют электродвигателем с помощью магнитного пускателя.

Дробилка состоит из рабочего диска, несущего на себе 2 ножа и 76 дробильных молотков, корпуса дробильной камеры, устройства для подачи в дробильную камеру сыпучих и грубых кормов, транспортирующего устройства с пылеуловителем для отвода дробленых кормов и передаточных механизмов. Вес машины 715 кг. Производительность универсальной дробилки ДКУ-1,2М ($m^3/ч$) следующая: при дроблении зерна 0,25—1,2, жмыха 1,0—1,2, сена в муку 0,3—0,4, при измельчении соломы 0,8—1,1.

На основе универсальной дробилки ДКУ-1,2М создан навесной агрегат под маркой АРН-1М для приготовления комбинированных кормов (рис. 180),

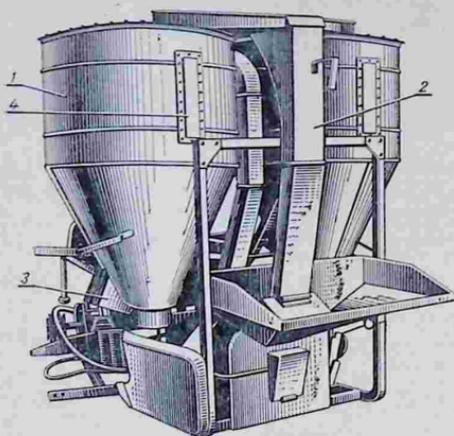


Рис. 180. Навесной агрегат АРН-1М для приготовления комбинированных кормов:
1 — смесители; 2 — шнек; 3 — выгрузной люк;
4 — смотровое стекло.

для чего в агрегате имеется два специальных смесителя со шнеком. Смесители поочередно подключаются к дробилке, в результате чего агрегат может работать непрерывно. Емкость смесителя 300—400 кг. Дробилка в агрегате приводится в действие от электродвигателя мощностью 10 *квт*, а транспортирующие устройства и смеситель — от электродвигателя мощностью 2,8 *квт*.

Зерновой бункер, из которого зерно поступает в дробилку, в выходной части оборудован магнитным уловителем. Производительность агрегата на составлении кормовых смесей от 0,6 до 2,0 $m^3/ч$. Вес агрегата с электродвигателями 830 кг.

Автоматически е в е с ы для концентрированных кормов необходимы для учета и дозирования различных компонентов комбикормов.

Из большого разнообразия выпускаемых промышленностью автоматических порционных весов для взвешивания и дозирования кормов наиболее удобными являются весы под маркой Д-50П с точностью взвешивания 0,1% от среднего веса десяти порций и производительностью 10 $m^3/ч$.

При использовании автоматических весов взвешиваемый продукт поступает в мерный ковш. После того как высыпается порция в 50 кг, автоматически открывается днище ковша, зерно высыпается на ленту выгрузного транспортера и поступление новых порций зерна в ковш прекращается. Операция взвешивания следующей порции начинается после того, как ковш освободится и днище вновь закроется. Весы оборудованы счетчиком, который отмечает число взвешенных порций и вес пропущенного продукта в килограммах. Конечным выключателем в счетчике можно останавливать работу весов после взвешивания определенного количества продукта.

При подготовке грубых кормов длина резки соломы и сена должна быть не более 25—30 мм для крупного рогатого скота и 10—22 мм для лошадей и овец.

Для приготовления муки из сена последнее предварительно режут, длина резки 8—12 мм. Наилучший размол сена в муку достигается при влажности, не превышающей 10—12%.

Грубые корма режут на соломорезках, а силосозелень — на силосорезках и силосных комбайнах. Нередко одни и те же машины используются

для резки соломы и зеленой массы, почему и называются соломосилосорезками.

Удельный расход энергии зависит от длины резки и конструкции машины и составляет для соломорезок от 1,5 до 3 *квт·ч/т*, а для силосорезок от 0,5 до 1,2 *квт·ч/т*. Соломорезки подразделяются по устройству режущего аппарата на барабанные и дисковые.

Соломосилосорезка РСБ-3,5МЧ. Режущий аппарат соломосилосорезки РСБ-3,5МЧ (рис. 181) состоит из ножевого барабана и противорежущей пластины. Барабан машины имеет два диска, на которых закреплены четыре ножа, расположенные по винтовой линии.

Питающий механизм служит для подачи перерабатываемого сырья к режущему аппарату и состоит из верхнего и нижнего валцов и валика транспортера. Меняя шестерни в передаче, можно получить резку соломы длиной 14 и 20 мм, а снимая два ножа, еще две величины в 28 и 40 мм. В модернизированной соломосилосорезке РСБ-3,5МЧ для получения резки длиной 2 мм введена дополнительная пара шестерен.

Силосорезка РСБ-6 состоит из рамы на колесном ходу, режущего аппарата, воздушного транспортера, питающего цепочно-планчатого транспортера и передаточного механизма. Режущий аппарат

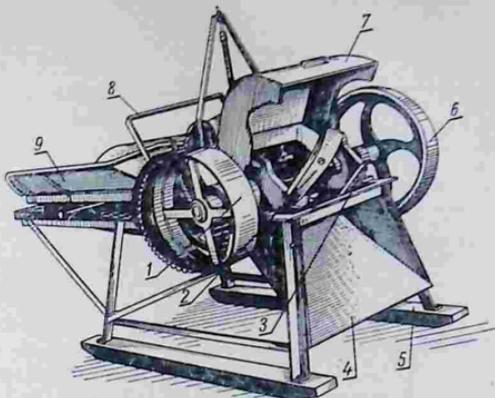


Рис. 181. Соломосилосорезка РСБ-3,5МЧ:
1 — приводной шкив; 2 — нож; 3 — диск для крепления ножей; 4 — выводной лоток; 5 — полость; 6 — маховик; 7 — откидной кожух барабана; 8 — дуга для включения транспортера; 9 — питающий транспортер.

состоит из противорежущей пластины и двух ножей с криволинейными лезвиями, закрепленными на крыльце. Зазор между противорежущей пластиной и лезвиями ножей устанавливается равным 0,5—1,0 мм. На крыльце же закреплены две лопасти, которые, вращаясь, создают воздушный поток для транспортировки измельченной массы. Кожух режущего аппарата одновременно является кожухом вентилятора. Длина резки может быть 6, 15, 25, 40 и 104 мм.

Для измельчения соломы, сена и стеблей кукурузы с одновременным транспортированием измельченной массы по трубам на расстояние до 20 м применяется измельчитель грубых кормов ИГК-30А (рис. 182).

Рис. 182. Измельчитель грубых кормов ИГК-30А:

1 — стол; 2 — салазки; 3 — вал; 4 — биды.

Измельчающий аппарат машины состоит из двух рядов неподвижных концентрических зубьев в количестве 63 шт., укрепленных на боковой стенке рамы, и трех рядов подвижных зубьев в количестве 84 шт., укрепленных на вращающемся диске.

Солома подается в приемную камеру, затем питающим аппаратом к диску, где она захватывается зубьями и измельчается. Создаваемый лопастями диска воздушный поток может транспортировать измельченную солому к месту укладки на расстояние до 20 м.

Технические данные силосорезок РСБ-3,5МЧ, РСС-6 и ИГК-30А приведены в таблице 54.

ТАБЛИЦА 54

Технические данные РСБ-3,5МЧ, РСС-6 и ИГК-30А

Показатели	Марка машины		
	РСБ-3,5МЧ	РСС-6	ИГК-30А
Диаметр приводного шкива (мм)	400	340	260
Число оборотов шкива (об./мин)	400	450	1000
Тип двигателя	АО1-4	АО52-4	—
Потребная мощность (квт)	3,5	4—6—7,5	22
Производительность (т/ч)	1,5—3,5	1,5	3,0
Высота подачи силосной массы (м)	—	8—10	7
Удельный расход электроэнергии (квт·т/ч)	1,5—2	1,2—3,0	—
Вес (кг)	245	770	1120

Для транспортирования кормов при их обработке в кормоцехах широко применяются для подъема сухих кормов нория НВ-4, а для подачи корнеплодов универсальный транспортер ТУ-5.

Нория НВ-4 (рис. 183) представляет собой вертикальный ковшовый транспортер, выполненный из прорезиненной ленты с ковшами.

Во время работы лента огибает нижний — ведомый барабан, ковши захватывают продукт, находящийся под барабаном, и поднимают вверх.

При переходе через верхний ведущий барабан ковши опрокидываются и содержащийся в них продукт высыпается в сыпной (отводной) рукав. Лента с ковшами, ведущий и ведомый барабаны помещены в металлическом кожухе.

Нория приводится в действие электродвигателем АО41-4 мощностью 1,7 квт через ременную передачу. Скорость движения ленты от 1,2 до 1,35 м/сек.

Электродвигатель устанавливают на перекладинах, закрепленных на каркасе нории между ведущей и ведомой ветвями ленты.

Данные по нории НВ-4 следующие:

производительность (м/ч)	4
высота подачи (м)	до 10
шаг ковшей на ленте (мм)	190—250
габаритные размеры (мм):	
длина	1370
ширина	500
высота	10 850
вес (кг)	500

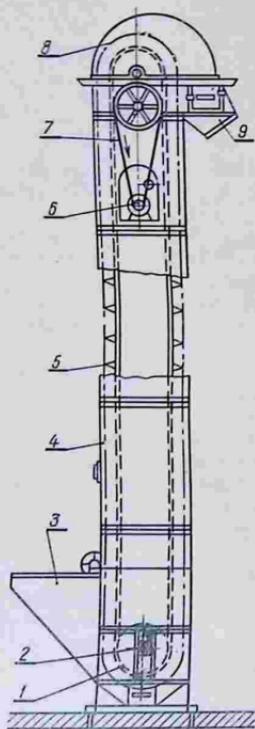


Рис. 183. Нория НВ-4:

1 — ведомый шкив; 2 — натяжное устройство; 3 — загрузочный лоток; 4 — кожух; 5 — лента с ковшами; 6 — электродвигатель; 7 — ременная передача; 8 — верхняя головка; 9 — отводной рукав.

Универсальный транспортер ТУ-5 представляет собой перевозной скребковый транспортер длиной 5 м и шириной 0,41 м. Расстояние между скребками 305 мм. Транспортер предназначен для погрузки кукурузы в початках, картофеля в мешках, сена в тюках, корнеплодов из хранилищ, капусты в кочанах и т. д. Он приводится в действие электрическим двигателем мощностью 2,8 квт. Двигатель установлен

на салазках, укрепленных на раме. Для натяжения ленты на нижней головке имеется натяжное приспособление.

Данные по транспортеру ТУ-5 следующие:

производительность (т/ч)	6
высота подачи (м)	3,9
габаритные размеры (мм):	
длина	5600
ширина	1360
высота	2700
вес (кг)	400
скорость движения цепи (м/сек)	0,37—0,5

Агрегат для приготовления витаминной сеной муки АВМ-0,4 (рис. 184) состоит из толки, транспортера, сушильного барабана, циклона сухой массы, дробилки, системы отвода сеной муки и пульта управления.

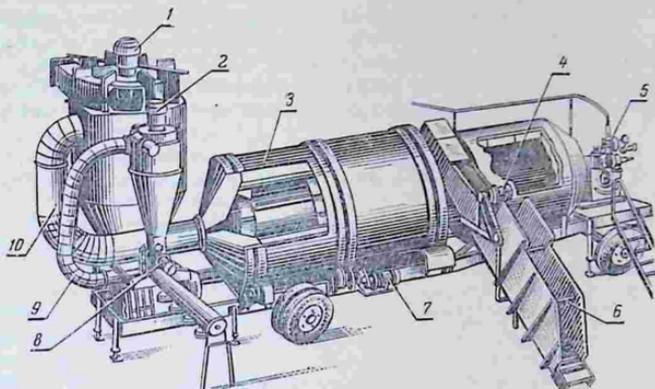


Рис. 184. Агрегат для приготовления витаминной сеной муки АВМ-0,4:

1 — электродвигатель вентилятора циклона сухой массой; 2 — электродвигатель циклона муки; 3 — сушильный барабан; 4 — электродвигатель привода транспортера; 5 — точечное устройство; 6 — транспортер; 7 — электродвигатель привода барабана; 8 — электродвигатель дозатора; 9 — трубопровод муки; 10 — трубопровод массы.

В агрегате применяется многодвигательный электропривод, состоящий из восьми электродвигателей общей мощностью 55 квт.

Производительность агрегата 400—500 кг сеной муки в час при сьеме влаги от 75 до 8%.

Расход мазута или дизельного топлива 50—90 кг/ч. Температура теплоносителя 900—1000° С.

Плanchатый лотковый транспортер длиной 5780 мм при ширине лотка 395 мм подает зеленую массу во вращающийся сушильный барабан, состоящий из трех концентрических цилиндров. Длина наружного цилиндра 3970 мм, диаметр 2280 мм.

Всушиваемый материал поступает сначала во внутренний цилиндр с наиболее высокой температурой. Затем масса перемещается с помощью лопаток в промежуточный, а затем в наружный цилиндр.

Циклон отделяет высушенную массу из потока отработавших газов, и дробилка молоткового типа измельчает высушенную массу в муку. Степень измельчения регулируют сменными решетками с диаметром отверстий 3, 4 и 6 мм. Выгрузной шнек перемещает муку к люкам в кожухе, к которым прикрепляют мешки для сбора сеной муки.

Агрегат также можно использовать для сушки зерна с производительностью 2—4 *т/ч*. Пульт управления снабжен пусковой, контрольной и защитной аппаратурой, предохраняющей электродвигатели от перегрузок.

Установка для досушивания сена УДС-300 состоит из вентилятора, электродвигателя и системы воздухораспределения. Рабочее колесо вентилятора монтируют непосредственно на валу ротора электродвигателя мощностью 4,5 *квт*. Производительность вентилятора 20 000 *м³* воздуха в час. Для подогрева воздуха имеется электронагреватель, состоящий из трубчатых элементов общей мощностью 15 *квт*. Температура воздуха, проходящего через вентилятор, повышается нагревателями на 2,5°.

На кожухе вентилятора смонтированы магнитные пускатели для управления электродвигателем и электронагревателями. При выключении вентилятора электронагреватель выключается автоматически.

Агрегат для досушивания обычно устанавливают в помещениях, где хранится сено.

Система воздухораспределения, выполняемая из досок, состоит из центрального канала и перпендикулярно размещаемых к нему распределительных труб. В стенах канала сделаны окна для присоединения распределительных труб. Площадь одной распределительной системы 50 *м²*.

Вентилятор устанавливают снаружи хранилища и соединяют с центральным каналом патрубком; противоположный конец канала закрывается наглухо.

Установкой можно досушивать не только рассыпное сено, но и спрессованное в тюках. Тюки необходимо укладывать близко друг к другу, без промежутков между ними.

В приложении 13 приведены сведения по снятым с производства, имеющимся в хозяйствах кормоприготовительным машинам и приводным электродвигателям к ним.

2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПО РАЗДАЧЕ КОРМОВ

За последнее время создано несколько новых конструкций для раздачи кормов.

В Запорожском филиале ВИЭСХ разработана конструкция самоходного электрифицированного кормораздатчика для коров (рис. 185), которым можно раздать силос, измельченный грубый корм и одновременно очистить кормушки от остатков корма. Кормораздатчик представляет собой бункер без дна емкостью 1,5 *м³*, внутри которого имеется транспортер для выгрузки кормов в кормушки. Электрический двигатель мощностью 2,8 *квт* получает электроэнергию по гибкому кабелю, подвешенному шпорой вдоль и внутри животноводческого помещения.

Действует кормораздатчик следующим образом. Вспомогательным транспортером корм, подлежащий раздаче, загружается в бункер. Бункер-кормораздатчик, не имеющий дна, движется над кормушками. Щитком, расположенным впереди кормораздатчика, остатки корма сгребаются в конце кормушки. В это время транспортер, выдающий корм, не работает. В конце движения кормораздатчик автоматически меняет направление, транспортер включается и раздает корм. При скорости движения кормораздатчика 10 *м/мин* за час раздается 3 *т* корма.

Кормораздатчик можно применить в электрифицированных коровниках с шириной кормушек 1,2 *м*.

Автоматический кормораздатчик для крупного рогатого скота в совхозе «Шугарово» Московской области.

Работники совхоза разработали и изготовили в мастерских автоматический пятисекционный раздатчик кормов марки АРР-5 (рис. 186). Этим механизмом можно нормировать раздачу всех видов кормов.

Кормораздатчик подвешен к рельсу подвесной дороги, укрепленному над кормушками, и приводится в движение канатной тягой и электродвигателем. Управляют кормораздатчиком с места загрузки кормов. Перемещение кормораздатчика к месту разгрузки, остановка, опрокидывание пятисекционных вагонеток с некоторой выдержкой времени, необходимой для того, чтобы корм высыпался в кормушку, возвращение вагонеток в транспортное положение, перемещение кормораздатчика в кормораздаточную и остановка его над загрузочной площадкой совершаются автоматически.

Расстояние между осями вагонеток равно расстоянию между осями смежных стоек животных. Длина вагонеток зависит от конструкции кормушек. Высоту подвески кормораздатчика выбирают такой, чтобы вагонетки при опрокидывании не задевали за кормушки.

За один цикл кормораздатчик раздает корм пяти коровам.

Перед пуском нагруженного кормораздатчика его регулятор устанавливают в кормораздаточной на разгрузку корма в кормушки той или иной группы коров. Для этого регулируемый дистанционный упор, укрепленный на кормораздатчике, устанавливают так, чтобы он натолкнулся на соответствующий упор, укрепленный на рельсе дороги над местом разгрузки.

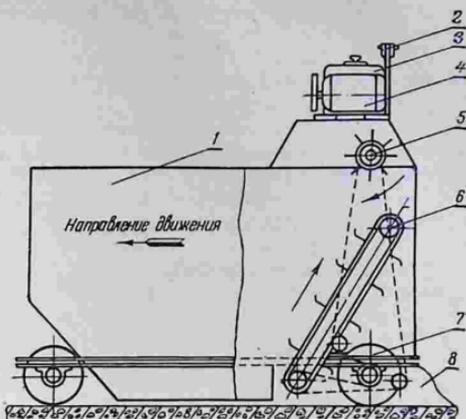


Рис. 185. Схема кормораздатчика для коров: 1 — бункер без дна; 2 — кабельная розетка; 3 — редуктор; 4 — электродвигатель; 5 — битер-ограничитель выдачи корма; 6 — транспортер, выдающий корм; 7 — колеса; 8 — щиток для очистки кормушек от остатков корма.

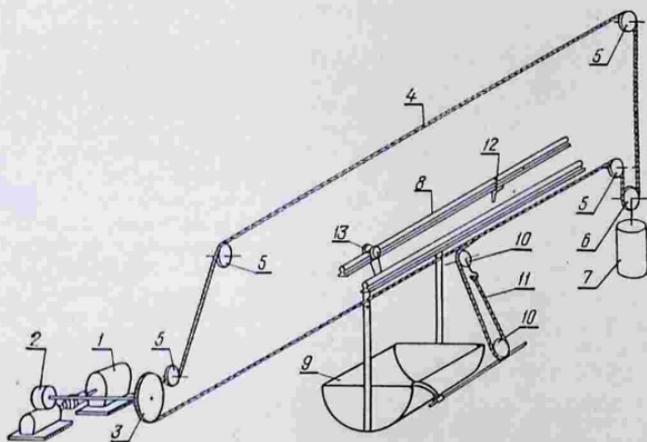


Рис. 186. Кинематическая схема кормораздатчика АКР-5:

1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — тяговой барабан; 4 — тяговый трос; 5 — направляющие ролики; 6 — подвижный ролик натяжного устройства; 7 — натяжной груз; 8 — рельс подвесной дороги; 9 — вагонетка кормораздатчика; 10 — ролики механизма опрокидывания вагонеток; 11 — трос, опрокидывающий вагонетку; 12 — упор для остановки кормораздатчика; 13 — несущие ролики кормораздатчика.

Работа доярки на раздаче кормов сводится лишь к загрузке корма в секции кормораздатчика, установке дистанционного упора на нужную группу коров и нажатии пусковой кнопки. Пока раздатчик выполняет цикл операций по обслуживанию пяти коров, доярка готовит корм для следующей группы.

Тросовые кормораздаточные установки предназначены для раздачи кормов при двухрядном расположении животных головами от центра коровника.

Основными узлами установки (рис. 187) являются электропривод с барабаном, две кормораздаточные платформы с бункерами и затвором, бесконечный трос диаметром 7—8 мм, переходные блоки и натяжное устройство.

В каждом из двух кормовых проходов одновременно движутся в противоположных направлениях два троса (рабочий в направлении раздачи кормов и встречный), составляющие одну замкнутую канатную систему. Работник, обслуживающий установку, может по своему усмотрению с помощью затвора соединять платформу с одним из движущихся тросов, перемещая ее в нужном направлении, либо останавливать платформу, ставя затвор в нейтральное положение.

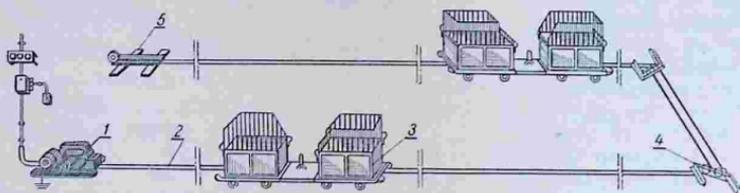


Рис. 187. Схема установки с кормораздаточными платформами:
1 — электропривод; 2 — тросы; 3 — кормораздаточные платформы; 4 — переходные блоки;
5 — натяжное устройство.

Тросовая кормораздаточная установка по приведенной схеме выполнена в колхозе имени Дзержинского Московской области на ферме крупного рогатого скота. Эксплуатация установки показала, что по металло- и энергоемкости она значительно лучше, чем транспортеры, тракторные раздатчики и тем более подвесные и наземные рельсовые дороги.

Длина платформы 4 м, ширина 0,3—1 м. Потребная мощность двигателя 1,7 квт. Длина троса 260—340 м. Скорость движения платформы 0,1 м/сек.

Одной из разновидностей кормораздаточных механизированных устройств являются транспортеры, движущиеся над кормушками, сбоку кормушек или внутри них, или же транспортеры, образованные из движущихся кормушек. Такие кормораздаточные устройства исключают необходимость делать кормовые проходы в животноводческих помещениях.

На рисунке 188 представлены два варианта подобных устройств. В первом случае (рис. 188, а) транспортное устройство состоит из электропривода и цепи со скребками, с помощью которых корм, поданный на транспортер из бункера, перемещается к кормушкам. Животные во время транспортирования кормов доступа к кормушкам не имеют.

Во втором случае (рис. 188, б) транспортное устройство состоит из передвигающихся кормушек, соединенных между собой в замкнутую линию. Каждая из кормушек имеет ходовую часть. Вся установка приводится в движение от электропривода.

Рассмотренные варианты транспортных устройств рассчитаны на их использование в условиях стойлового содержания при двухрядном размещении животных. При четырехрядном размещении животных потребуются двойные комплекты установок.

Недостатком рассмотренных транспортных кормораздаточных устройств является их большая металлоемкость и некоторая сложность

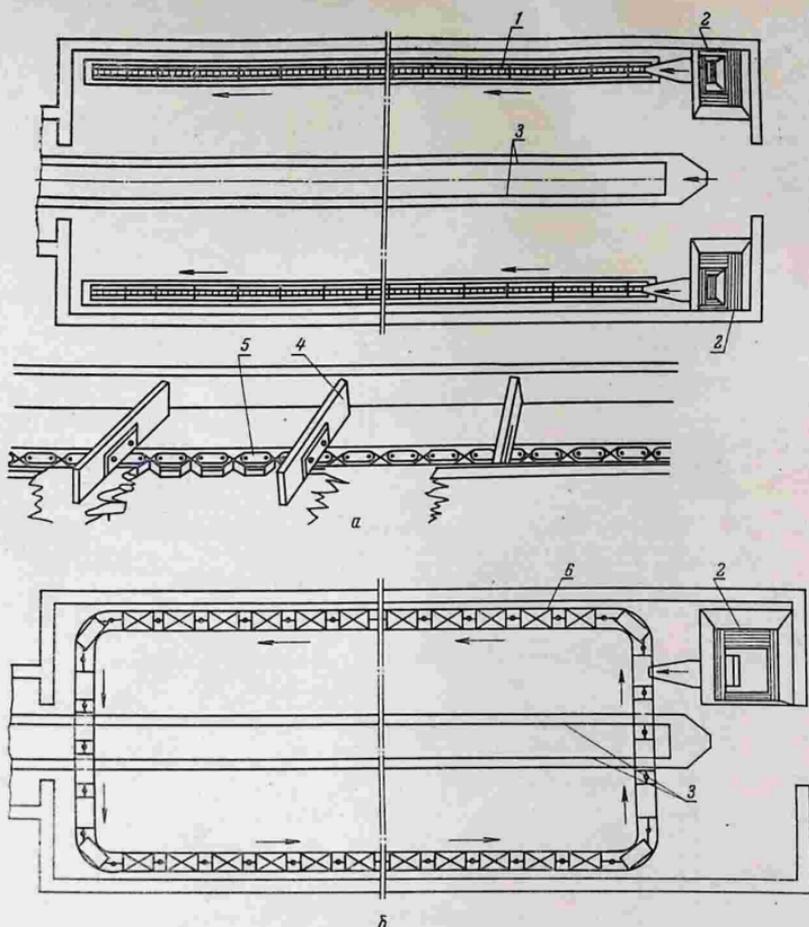


Рис. 188. Транспортный скребковый кормораздатчик (а) и кормораздатчик из подвижных кормушек (б):

1 — кормушки; 2 — бункер; 3 — наземные каналы; 4 — скребок; 5 — цепь; 6 — передвижные кормушки.

в устройстве переходов по торцам помещения и в разрывах между стойлами.

Рассмотренные механизированные средства по кормораздаче, применяемые при привязном и беспривязном содержании животных, могут быть сведены к следующим типам:

- 1) самоходные кормораздаточные устройства;
- 2) подвесные устройства, движущиеся по рельсу подвесной дороги;
- 3) наземные тросовые кормораздаточные установки;
- 4) транспортные устройства.

Каждый из них может быть представлен многими конструктивными вариантами.

В приложении 14 приведены технические данные по современным кормоприготовительным и кормораздаточным машинам, не описанным в тексте.

3. МАШИННОЕ ДОЕНИЕ КОРОВ

Машинное доение коров широко применяется в колхозах и совхозах. Оно освобождает доярка от тяжелого ручного труда, увеличивает производительность их труда и способствует раздоеу коров.

Доильные машины действуют по принципу сосания. Воздушный насос (вакуум-насос) выкачивает воздух из трубопровода, проложенного в скотном

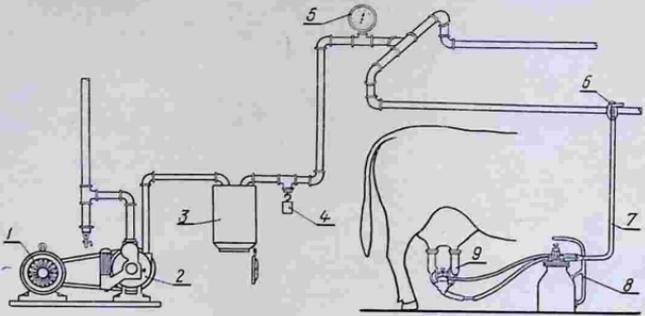


Рис. 189. Модернизированный доильный агрегат ДА-3М:

1 — электродвигатель; 2 — вакуум-насос; 3 — вакуум-баллон; 4 — вакуум-регулятор; 5 — вакуумметр; 6 — краник вакуум-провода; 7 — магистральный шланг; 8 — доильный аппарат; 9 — доильный стакан.

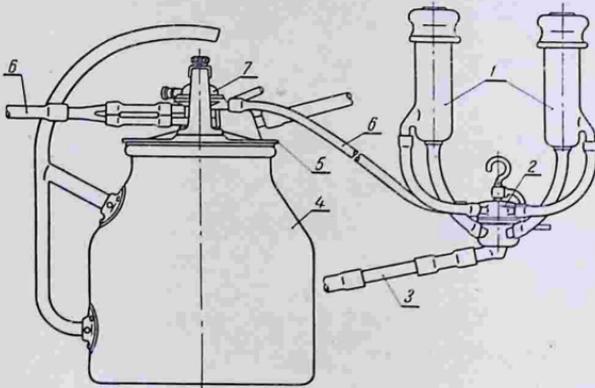


Рис. 190. Доильный аппарат ДА-3М:

1 — доильные стаканы; 2 — коллектор; 3 — смотровое стекло, вставленное в молочный шланг; 4 — ведро; 5 — крышка ведра; 6 — магистральный шланг с трюбником; 7 — нульсатор.

дворе или на доильных площадках, и из доильных аппаратов, присоединяемых к краникам трубопровода резиновыми шлангами.

Разреженный воздух через доильный стакан так воздействует на соски вымени коровы, что из них отсасывается молоко. Разрежение регулируется вакуум-регулятором и контролируется специальным прибором — вакуумметром, ввернутым в трубопровод. Степень разрежения воздуха в трубопроводе, необходимая для доения коров, поддерживается равной 38 см рт. ст.

В комплект доильного агрегата ДА-3М (рис. 189) входят электродвигатель мощностью 2,8 квт, вакуум-насос, вакуум-баллон, вакуум-регулятор, комплект однодоймовых труб с арматурой, 10 доильных аппаратов.

Электродвигатель, вакуум-насос и вакуум-баллон устанавливают в отдельном помещении площадью около 6 м². Трубопровод прокладывают вдоль кормушек на высоте 1,6—1,8 м от пола с некоторым уклоном в сторону насоса.

Доильный аппарат ДА-3М (рис. 190) состоит из четырех доильных стаканов, коллектора, пульсатора, ведра емкостью 20 л, крышки ведра и резиновых шлангов.

Процесс машинного доения по трехтактному циклу состоит из тактов сосания, сжатия и отдыха. В двухтактном цикле доения отсутствует такт

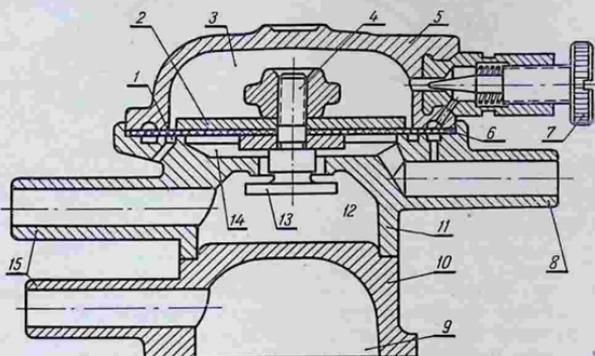


Рис. 191. Разрез пульсатора аппарата ДА-3М:

1 — третья камера (постоянного атмосферного давления); 2 — шайба; 3 — четвертая камера (переменного вакуума); 4 — стержень клапана; 5 — крышка; 6 — резиновая мембрана; 7 — регулировочный винт; 8 — патрубок для шланга переменного вакуума; 9 — камера обратного клапана; 10 — подставка под пульсатор; 11 — корпус пульсатора; 12 — первая камера (постоянного вакуума); 13 — главный клапан; 14 — вторая камера (переменного вакуума); 15 — патрубки для присоединения тройника магистрального шланга.

отдыха. Продолжительность цикла примерно 1 сек, то есть частота циклов (пульсаций) составляет около 60 в минуту. Доильные машины, работающие по двухтактному циклу, более производительны в сравнении с машинами, работающими по трехтактному циклу.

Машины, работающие по трехтактному циклу, менее опасны в случае передержки доильных стаканов на сосках вымени коровы.

Для ускорения процесса доения коров машиной в модернизированном трехтактном доильном аппарате ДА-3М по сравнению с аппаратом ДА-3* изменено соотношение тактов по продолжительности следующим образом.

Такт	ДА-3М	ДА-3
Сосание	60%	45%
Сжатие	10%	15%
Отдых	30%	40%

Таким образом увеличена продолжительность такта сосания, во время которого молоко вытекает из сосков вымени коровы. Одновременно увеличены все сечения для прохода молока (в патрубках коллектора, молочном шланге и в трубке на крышке ведра), что ускоряет протекание молока.

* Агрегат ДА-3 выпускался до 1959 г.

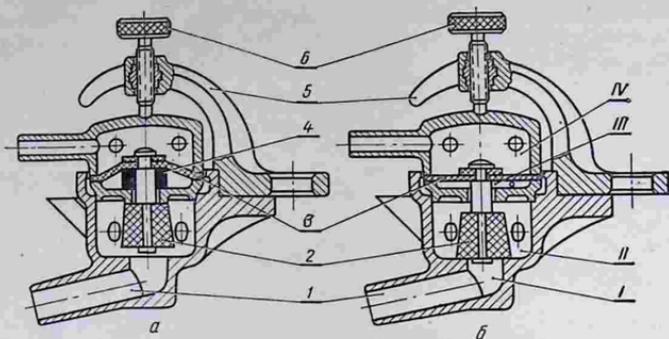


Рис. 192. Разрез коллектора аппарата ДА-3М:

a — сборка для двухтактного способа доения; *б* — сборка для трехтактного способа доения; I — первая камера (постоянного вакуума); II — вторая камера (переменного вакуума); III — третья камера (постоянного атмосферного давления); IV — четвертая камера (переменного вакуума); 1 — молочный патрубок; 2 — резиновый клапан; 3 — резиновая мембрана; 4 — дополнительная резиновая трубка; 5 — скоба; 6 — затяжной винт.

Устройство пульсатора, с помощью которого обеспечивается смена тактов в доильном стакане, представлено на рисунке 191.

Магистральный шланг подключается к доильному аппарату через тройник, который при помощи двух патрубков присоединяется отдельно к пульсатору и к камере обратного клапана.

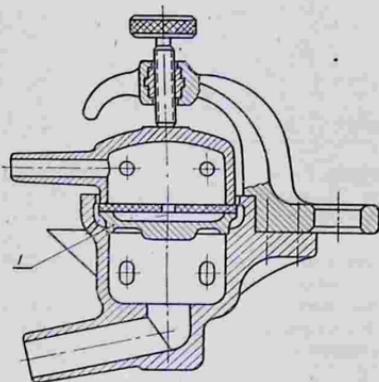


Рис. 193. Сборка коллектора для доения по двухтактному циклу с использованием специальной детали:
1 — специальная деталь.

Аппарат ДА-3М может быть использован как для трехтактного, так и для двухтактного цикла. Достигается это различной сборкой коллектора.

На рисунке 192 показан коллектор, собранный для работы по двухтактному (схема *a*) и по трехтактному (схема *б*) циклам.

При двухтактном цикле доения в коллекторе на верхний конец стержня надевают дополнительную резиновую трубку длиной 8 мм. Благодаря этому стержень не перемещается и верхний клапан остается постоянно закрытым. При трехтактном цикле дополнительную трубку в коллекторе не ставят.

Для перевода аппаратов ДА-3М на двухтактный цикл доения заводские изготовители дают в комплект доильного агрегата специальную деталь (глухую направляющую), вставляемую

в коллектор, как показано на рисунке 193.

Рабочий орган доильной машины—доильный стакан (рис. 194) — разбирается и собирается без специальных приспособлений.

Последовательность операций по сборке доильного стакана и технику их выполнения следует проводить так, как указано на рисунке 195 (позиции *a*, *б*, *в*, *г*, *д*). На том же рисунке указан и порядок разборки стакана (позиции *e*, *ж*, *з*). При разборке доильного стакана буртик молочной трубки проталкивают внутрь металлического корпуса. После этого сосковая резина

вместе с молочной трубкой легко вынимается из гильзы. Снимая металлическое кольцо с сосковой резины, вытаскивают из нее молочную трубку.

Сосковая резина при эксплуатации растягивается, ее надо время от времени обрезать. Длина сосковой резины должна быть 156 мм. На ведре

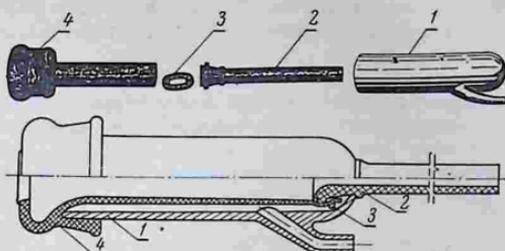


Рис. 194. Разрез и детали доильного стакана ДА-3М:
1 — металлический корпус; 2 — молочная трубка; 3 — металлическое кольцо; 4 — сосковая резина.

устроена специальная скоба, которая удобна как при выливании молока, так и при переноске аппарата. Смотровое стекло смонтировано в молочном шланге, что создает хорошие условия наблюдения за доением.

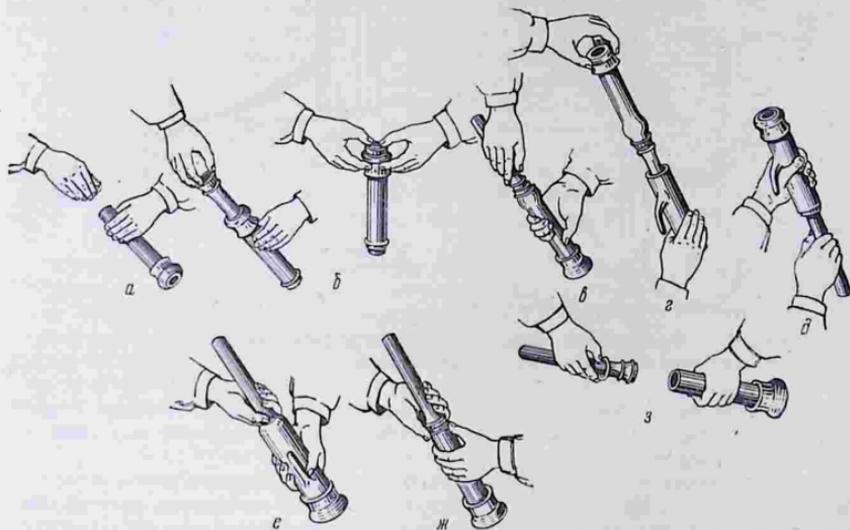


Рис. 195. Порядок сборки и разборки доильного стакана:

а — надевание металлического кольца на сосковую резину; б — вставка молочной трубки в сосковую резину; в — вытискивание молочной трубки из сосковой резины до заклинивания; г — вставка молочной трубки в корпус до щелчка; д — проталкивание буртика молочной трубки внутрь корпуса при разборке стакана; е — снятие кольца с сосковой резины после вынимания резины из корпуса; ж — разделение сосковой резины и молочной трубки.

Вакуум-баллон имеет крышку в нижней части. Когда насос начинает работать, крышка баллона открыта, это облегчает пуск электродвигателя. После пуска крышку насоса закрывают, и так как в вакуум-баллоне образуется вакуум, крышка, присасываясь, плотно прижимается. При выключении насоса вакуум в баллоне уменьшается, крышка сама открывается и скопелившаяся вода, которая накапливается в баллоне, выливается. Производительность вакуум-насоса РВН-200 составляет 30 м³/ч.

При доении в стойлах доярка обычно работает с двумя аппаратами, выдавая до 20 коров в час. При этом перенос аппаратов от одной коровы к другой, доставка молока в молочную, учет молока остаются немеханизированными операциями и отнимают много времени у доярки.

Передвижной доильный аппарат ПДА-1 со сбором молока в стандартную флягу более производителен в сравнении с доением в ведро.

Установка состоит из молокоборника, доильных стаканов с коллектором, тележки с подъемным устройством и молочной фляги (рис. 196).

Тележку на четырех колесах с резиновыми шинами передвигают за рукоятку.

Фляга навешивается на крючок и перевозится во время доения от коровы к корове. Поднимают и опускают флягу с помощью рычага.

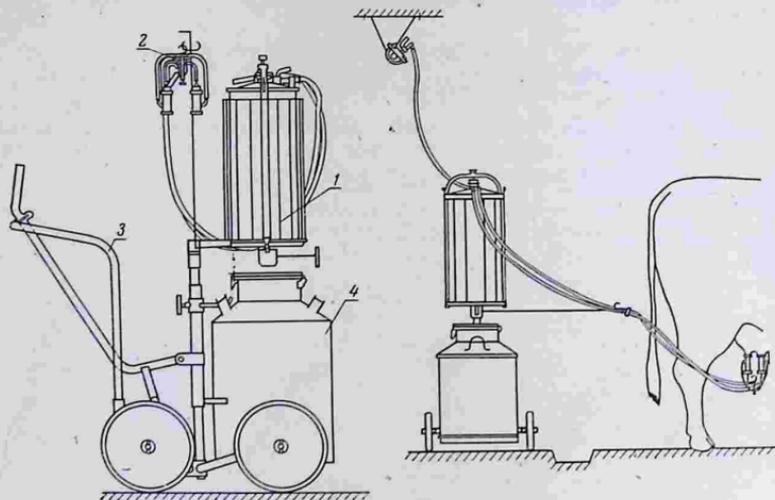


Рис. 196. Передвижной доильный аппарат ПДА-1 с молокоборником:

1 — молокоборник; 2 — доильный аппарат; 3 — тележка; 4 — фляга.

При доении тележку с флягой и доильным аппаратом устанавливают в навозном проходе и через магистральный шланг включают под вакуум доильный аппарат.

В одну флягу можно собрать молоко от шести до десяти коров, в зависимости от удоев. Когда фляга наполнится, доярка отвозит ее на тележке в молочную и сдает приемщику. Вместо нее она навешивает на тележку порожнюю флягу и продолжает доение остальных коров.

В последние годы все больше внедряются новые системы доения коров на площадках, оборудованных доильными станками. Коров приучают самостоятельно приходить на площадку, скармливая им здесь концентрированные корма.

Обычно пол доильной площадки, на котором стоят коровы, делают на 0,6—0,7 м выше пола, на котором стоит доярка; это облегчает труд доярки, так как исключает необходимость нагибаться.

При системе доения коров на площадке переходы доярок во время работы значительно сокращаются, аппараты не надо переносить от одной коровы к другой, уменьшается и длина трубопроводов (воздушного и молочного). В результате производительность труда доярки на площадке достигает 40—50 коров в час.

Расположение доильных станков на площадках возможно параллельное и последовательное (типа «тандем»).

При использовании станков «тандем» коров по группам удойности можно не подбирать, так как каждая корова может входить в доильный станок и выходить из него независимо от других коров.

Входная и выходная двери доильных станков управляются дояркой с рабочего места при помощи тяг (рис. 197).

Доильной площадкой, дающей более высокую производительность труда и выполняемой с меньшими затратами металла, является доильная установка типа «елочка», представляющая по существу групповой 16-местный станок для доения восьми коров одновременно.

Станки образуют зигзагообразный барьер и располагаются по восемь с каждой стороны траншеи. Последняя является рабочим местом доярки (рис. 198).

В комплект установки «елочка» входят 16 станков с кормушками, 4 аппарата для подмывания вымени, 8 доильных аппаратов марки ДА-3М, «Волга» или ДА-2 и 2 запасных аппарата. В комплект также входит закрытый стеклянный молокопровод с циркуляционной промывкой, фильтр для очистки молока, круглый охладитель молока производительностью 400 л/ч, диафрагменный насос, бак для молока с теплоизоляцией емкостью 2000 л, насос ОЦНШ-5 для подачи молока из бака в молоковоз, вакуумный насос РВН-40/350, электроподогреватель ВЭТ-200, а также холодильная установка МХУ-12 или МХУ-8 и резервная электростанция мощностью 12 квт.

В установке «елочка» работают три электродвигателя: двигатель А51-6 мощностью 2,8 квт для вакуум-насоса, двигатель АОЛ21-4 мощностью 0,27 квт для молочного насоса и двигатель АОЗ1-4 мощностью 0,6 квт для насоса ОЦНШ-5.

Коровы при дойке располагаются под углом 30 или 45° одна к другой. Молоко поступает в молокопровод. Пока доятся коровы, поставленные по одну сторону траншеи, доярка готовит к доению коров, поставленных по другую сторону траншеи, то есть подмывает вымя, задает им корм, а после того как коровы первой группы выдоены, переставляет аппараты на коров второй группы, а на место выпущенных коров первой группы впускает третью группу коров и т. д.

Производительность установки «елочка» составляет 60—70 коров в час. Обслуживают установку две доярки: одна из них находится в траншее — доит коров, а другая подгоняет коров на дойку и раздает корма. При системе «елочка» очень важно правильно подобрать коров по группам удойности и скорости отдачи молока.

За последнее время создана конвейерная доильная установка, получившая название «карусель». Она представляет собой вращающуюся платформу диаметром 15—20 м, разделенную на станки длиной по 2,5 м каждый. С внешней стороны круга-платформы имеется стена с входом и выходом для коров. Внутренним ограждением круга служит кольцевой вакуум-провод, кольцевой молокопровод и круговой водопровод для промывки.

Каждый станок оборудован кормушкой для концентрированных кормов с автоматической подачей кормов, доильным аппаратом ДА-3М, «Волга» или ДА-2 и устройством в виде искусственного вымени для промывки аппаратов водой.

На рисунке 199 представлена одна из многих возможных схем доильной конвейерной установки типа «карусель».

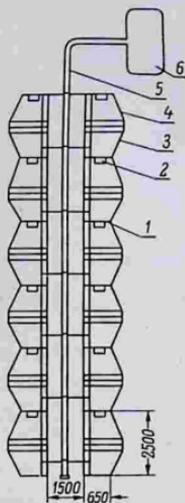


Рис. 197. Схема доильной установки ДАТ-12 со станками типа «тандем»:

- 1 — П-образная стойка;
- 2 — кормушка для концентратов;
- 3 — входная дверь;
- 4 — выходная дверь;
- 5 — молокопровод;
- 6 — цистерна для молока.

со счетчиком молока. Из релизера очищенное и охлажденное молоко идет в молочный танк.

Третья доярка — контролер — следит за поступлением молока в молоко-сборник из доильных стаканов. При ослаблении потока молока, что бывает перед окончанием дойки, доярка делает второй массаж вымени и снимает стаканы с сосков по прекращении поступления молока.

В колхозе имени XIX съезда Херсонской области общая мощность электродвигателей на конвейерной доильной установке составляет 20 *квт*.

Раньше в колхозе 600 коров обслуживали 61 человек, в том числе 55 доярок. В настоящее время то же поголовье обслуживают 14 человек, в том числе 3 доярки, 1 оператор-электротехник, 2 дежурных слесаря и 8 скотников. До введения «карусели» на одного работающего на ферме приходилось 11 коров; после введения «карусели» приходится 42—43 головы, а стоимость 1 *ц* молока снизилась с 1 руб. до 50 коп.

В 1962 г. Межведомственная комиссия и машиноспытательные станции в ряде краев и областей СССР провели испытания нескольких доильных установок «карусель». Показатели по некоторым из них приведены в таблице 55.

ТАБЛИЦА 55

Показатели доильных установок типа «карусель»

Показатели	Колхоз имени XIX съезда Херсонской области	Совхоз «Каменин» Запорожской области	Совхоз «Озерный» Крымской области	Колхоз «Ленинский путь» Краснодарского края	Совхоз «Ермак» Омской области	Колхоз имени Кирова Павлодарской области
Количество коров, выдаваемых за дойку	278	261	320	286	400	200
Продолжительность дойки (ч—мин)	2—00	1—36	3—00	2—23	3—00	2—03
Производительность установки (коров/ч)	139	168	107	120	126	100
Металлоемкость в кг на один станок	340	—	800	292,5	310	400
Диаметр внутреннего круга (мм)	16 240	16 240	16 000	15 100	12 750	15 400
Ширина платформы (мм)	700	700	900	800	700	800
Время одного оборота (мин)	5	6,5	8,8	—	6	8
Количество установленных электродвигателей и их мощность (квт)	10/19,4	7/13,4	9/30,5	6/31,9	6/19	—
Количество обслуживающего персонала	5	6	5	6	5	5
в том числе:						
доярки	3	3	3	3	3	3
оператор	1	1	1	1	1	1
скотник	1	1	1	1	1	1

Карусельные установки рекомендованы для молочных ферм с поголовьем 400—600 и более коров.

Карусельная установка КДУЕ-16 «омичка» (рис. 200) рассчитана на обслуживание 350—400 коров. В комплект установки входят вращающаяся платформа с 16 станками, два вакуумных насоса РВН-40/350 с электродвигателями, холодильная установка МХУ-12, очиститель молока ООМ-1000А, два молочных танка ТМГ-2, два электроводонагревателя ВЭТ-400, центробежный насос 1,5К-6, диафрагменный насос УДМ-4А, центробежный насос ОЦНШ-5 и резервная электростанция ЖЭС-30. Имеется линия циркуляционной промывки и устройство для дозирования и засыпки концентрированных кормов в кормушки.

Платформа приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор.

Пропускная способность установки до 145 коров в час. Время оборота платформы 6—8 мин. Общая мощность установленных электродвигателей 24,4 квт.

Обслуживают установку две доярки, скотник-санитар на подмывании вымени, скотник на подгоне коров и слесарь-электрик.

Общий вес комплекта доильной установки 10 600 кг, наружный диаметр платформы 8170 мм, внутренний 5000 мм, длина станка 2500 мм, ширина платформы 1585 мм.

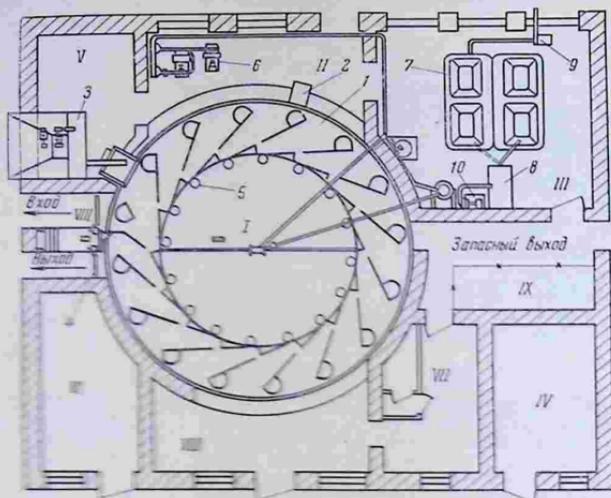


Рис. 201. Схема конвейерно-поворотной доильной установки ВДПВ-12.

1 — платформа и расположенные станки; 2 — приводная станция; 3 — устройство для разгона коров; 4 — устройство для открывания и закрывания дверей доильных станков; 5 — молокоотборники; 6 — вакуум-насос с электроприводом; 7 — молочные тинки; 8 — емкость для мойки доильных емкостей; 9 — шлюз для перекачки молока из танков в транспортные емкости; 10 — шлюз; 11 — доильный шланг; 12 — вакуум-насосная; III — молочная; IV — помещение для доильной установки; V — кормораздаточная; VI — водопровод; VII — туалетное помещение; VIII — пункт санитарной обработки; IX — аварийный.

В Дзержинском совхозе Алла-Атланской области построена полуавтоматическая доильная установка «всер».

В отличие от «электрон» и «маруселла» установка «всер» не требует строгого подбора групп коров по продуктивности и тугодойности, так как каждая корова может находиться в станке до полного выдаивания молока. На установке «всер» коров гонят в неподвижных станках. На вращающемся центральном круге доярка, находясь в кресле, может подходить к любому станку. Металлическость установки «всер» несколько меньше, чем «электрон».

В доильном зале полуциркульной формы диаметром 10 м смонтировано 12 станков, расположенных «всером» (рис. 201).

Центральный круг с деревянным настилом диаметром 5 м (круг монтируется в бетонированной яме вровень с полом) может вращаться в обе стороны со скоростями от 40 до 240 м/мин.

На краю этого круга смонтирована кабина с сиденьем для доярки и пультом управления. На пульт выведено управление вращением и остановкой круга возле любого станка, включением подачи теплой воды для подмывания вымени, раздачей и дозировкой корма кормораздатчиком.

С пульта управления доярка может также открывать и закрывать дверь из коровника в доильный зал. По сигнальным лампочкам она следит за процессом дойки и главным образом за моментом ее окончания у каждой коровы.

Передняя часть станка с кормушкой открывающаяся. Через нее выпускают выдоенных коров. В станке на специальном кронштейне укреплены стаканы доильного аппарата.

В моечном зале смонтированы электроводонагреватель и смеситель горячей и холодной воды. Вода через шланг подается к кабине доярки. Молоко из доильных аппаратов поступает по резиновому шлангу в общий стеклянный молокопровод, соединяющийся с молочным танком емкостью на 1100 л.

Процесс доения коров осуществляется в такой последовательности. Доярка, находясь в кресле у пульта управления, открывает входные двери доильных станков. Нажатием кнопки открывает входные двери, ведущие из коровника, и выпускает в доильный зал 12 коров. Перемещаясь в кресле по кругу от одного станка к другому, она обмывает вымя коров теплой водой из шланга, надевает доильные стаканы и открывает край вакуума. Дойка началась. Датчики, смонтированные на молокопроводах, включают 12 лампочек на пульте управления. Как только прекратится поток молока от той или иной коровы, соответствующая лампочка гаснет. Доярка подъезжает к этой корове, массирует ей вымя, выключает вакуум, затем снимает доильные стаканы и, открывая переднюю дверь, выпускает корову. Ее место занимает другая, и операции повторяются в той же последовательности.

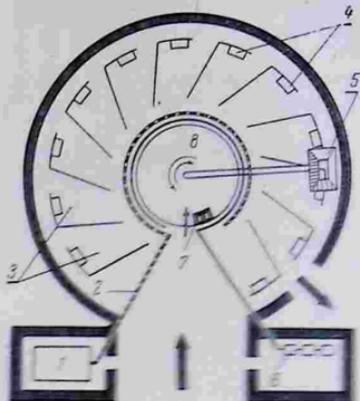


Рис. 204. Схема автоматизированной доильной установки.

1 — доильный стакан, 2 — вакуумметр, 3 — датчик, 4 — датчик, 5 — датчик, 6 — датчик, 7 — датчик, 8 — датчик.

Выдоенные коровы по проходу между станками и наружной части доильного зала выходят на выгульную площадку.

Универсальные передвижные доильные станции ЭДС-3 используются в стойловый и пастбищный периоды.

В комплект входят две секции переходных стоек (по четыре стойки в каждой), электродвигатель мощностью 4,5 квт, доильные аппараты ДА-3М

Таблица 10

Показатели доильных аппаратов

Показатели	Марки аппаратов			
	ДА-3М	«Вако»		ДА-2
		трехтактный	двухтактный	
Вес аппарата (кг)	8,3	7,8	7,8	8,3
Число пульсаций в минуту	80	80	80	100—120
Рабочий вакуум (см рт. ст.)	38—40	38—40	38—40	30—38
Соотношение тактов: сосание, свист, отдых (%)	57—10—33	64—41—25	67—33	70—30
Продолжительность доения коровы (мин)	4,45—5,95	5,04—5,46	4,55	3,8—4,85
Ручной удой (л)	3,98—5,52	3,86—6,0	3,53	3,54—4,8
Ручной додой в % от общего удоя	0,8—2,6	1,6—2,9	0,6	0,92—1,4
Средняя скорость доения (л/мин)	0,77—1,03	0,76—1,33	0,77	0,86—1,24

или «Волга», линия первичной обработки молока и установка для водоснабжения. Число выдаваемых коров 50—60 за час. Станцию обслуживают две доярки.

В 1962 г. были проведены сравнительные испытания девяти типов доильных аппаратов отечественного производства. По результатам испытаний

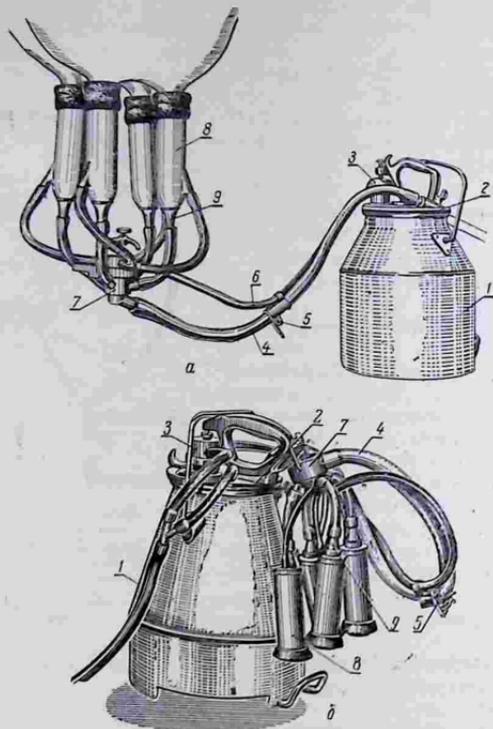


Рис. 202. Новые доильные аппараты:

а — «Волга»; б — ДА-2 «Майга»; 1 — доильное ведро; 2 — крышка; 3 — пульсатор; 4 — молочный шланг; 5 — зажим; 6 — воздушный шланг; 7 — коллектор; 8 — доильный стакан; 9 — смотровая чашечка.

рекомендовано взамен аппаратов ДА-3М и ДИР-2 организовать промышленное производство трехтактных доильных аппаратов «Волга» и двухтактных ДА-2 (рис. 202). Некоторые показатели доильных аппаратов «Волга», ДА-2 в сравнении с аппаратом ДА-3М приведены в таблице 56.

4. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Надоенное молоко сначала фильтруют, затем охлаждают, пропуская через плоские или круглые охладители.

В качестве охлаждающего агента чаще всего используется холодная вода, движущаяся навстречу потоку молока.

Молоко, полученное от коров, на которых есть подозрение, что они больны туберкулезом или бруцеллезом, нужно пастеризовать.

В зависимости от длительности процесса и температуры различают следующие три приема пастеризации.

Пастеризация	Температура нагрева молока (град)	Продолжительность операции
Длительная	63	30 мин
Кратковременная	72	1 мин
Мгновенная	85	Несколько секунд

Последний прием наиболее совершенен, и его применяют на механизированных фермах, выполняя пастеризацию в паровых пастеризаторах с вытеснительным барабаном типа ОПА.

Вытеснительный барабан приводится в движение от электродвигателя мощностью 1,5 *квт* через редуктор из двух пар зубчатых колес, работающих в масляном картере.

При быстром вращении барабана молоко под действием центробежной силы перемещается в верхнюю часть резервуара, по промежутку между вращающимся барабаном и обогреваемой с внешней стороны стенкой резервуара. Воспринимая тепло от стенок резервуара, молоко пастеризуется.

Чтобы выделить из молока сливки для переработки их в сметану и масло, молоко пропускают через сепаратор с ручным, электрическим или механическим приводом.

Рабочий орган сепаратора — барабан, на котором отделяется жир от обратного молока, — имеет скорость вращения от 6 до 10 тыс. *об/мин*.

Данные сепараторов с электрическим приводом приведены в таблице 57.

ТАБЛИЦА 57

Данные сепараторов

Показатели	Марка сепаратора				
	ОКС	СОМ-600	СОМ-1000	«Урал-6»	ОСЭ-300
Производительность (<i>л/ч</i>)	1000	600	1000	600	300
Число оборотов шкива в минуту	450	520	570	483	—
Диаметр шкива (<i>мм</i>)	97	114	114	—	—
Потребная мощность двигателя (<i>квт</i>)	0,35	0,25	0,35	0,25	0,18
Число оборотов барабана в минуту	8000	7560	8300	7245	7600
Вес сепаратора (<i>кг</i>)	70	83	93	120	51
Размеры (<i>мм</i>):					
длина	598	920	883	850	605
ширина	486	743	740	740	460
высота	772	905	745	1340	916

Для одновременной очистки и охлаждения молока ВИСХОМ создал специальные агрегаты под маркой ОХМ-500 (рис. 203) и ООМ-1000. Молоко очищается на центробежном очистителе, который при замене барабана может быть использован и в качестве сепаратора. Охлаждается молоко на плоском охладителе. Основные узлы: молокоприемник, молокоочиститель-сепаратор, охладитель и фригаторный ящик.

Технические данные агрегатов следующие.

	ОХМ-500	ООМ-1000
Производительность (<i>л/ч</i>)	500	1000
Потребная мощность (<i>квт</i>)	0,5	1,0
Поверхность охлаждения (<i>м²</i>)	1,8	2,26
Расход льда на 100 <i>л</i> молока при охлаждении с 35 до 8° С (<i>кг</i>)	30	30
Вес агрегата с фригаторным ящиком (<i>кг</i>)	300	535
Размеры (<i>мм</i>):		
длина	650	1035
ширина	650	570
высота	1750	1235

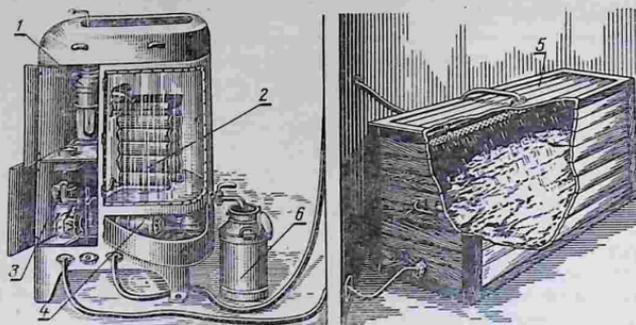


Рис. 203. Агрегат для очистки, охлаждения и сепарирования молока ОХМ-500:

1 — очитель; 2 — охладитель; 3 — вихревой насос; 4 — электродвигатель; 5 — ящик со льдом; 6 — флига.

Для электропривода машины по первичной обработке молока можно рекомендовать электрические двигатели, согласно таблице 58.

На крупных молочных фермах применяют маслоизготовители непрерывного действия марки НДМ, с помощью которых непосредственно из свежесцеженного молока можно получить сладкосливочные сорта масла (рис. 204).

Потребная мощность для привода маслоизготовителя НДМ 4,75 *квт*, водяного насоса 0,75 *квт* и сливочного насоса 0,4 *квт*. Удельный расход электроэнергии 45—48 *квт·ч/т*.

При поточном производстве масла по способу Милешина с помощью двух сепараторов СМ-1 с двигателями по 2,8 *квт* получают сливки жирностью 85%, а затем с помощью двухцилиндрового маслоохладителя ДОМ с электродвигателем 2,8 *квт* их охлаждают до 15—17° С.

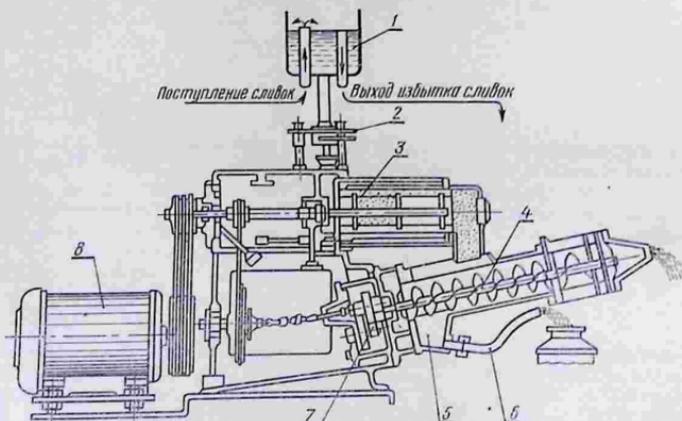


Рис. 204. Непрерывно действующий маслоизготовитель НДМ-400 с электроприводом:

1 — приемный бак; 2 — регулятор подачи сливок; 3 — сбивательный цилиндр; 4 — обработчик; 5 — отстойник; 6 — труба для отвода пахты; 7 — редуктор; 8 — электродвигатель.

Типы электродвигателей для молочных машин

Название машины	Тип двигателя	Мощность двигателя (квт)	Число оборотов ротора в минуту
Сепаратор «Урал-6», «Звезда», СОМ-600	АО или АО.Л 31-4	0,6	1410
Пастеризатор ОПА	АО или АО.Л 42-4	1,5	1420
Маслоизготовитель	АО или АО.Л 31-4	0,6	1410

Общая установленная мощность электродвигателей для машин в этой поточной линии составляет 12,4 квт, производительность 300—400 кг масла в час, удельный расход электроэнергии 21,6 квт·ч/т.

Холодильные устройства необходимы во всех случаях первичной обработки молока и последующего хранения молочных продуктов. При хранении молочных продуктов температура воздуха для свежего молока поддерживается от 1 до 2°, а для кисломолочных продуктов (творога, кефира и др.) — от -1 до 0° при влажности воздуха 80—85%.

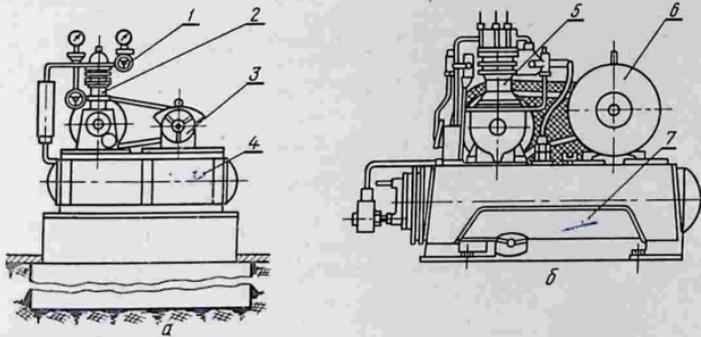


Рис. 205. Холодильные установки:

a — аммиачный агрегат ВП; *б* — фреоновый агрегат АК; 1 — нагревательный вентилятор; 2 — компрессор; 3 — электродвигатель; 4 — конденсатор; 5 — компрессор; 6 — электродвигатель; 7 — конденсатор.

Для холодильников прифермских молочных рекомендуются аммиачно-рассольная типа ВП и фреоновая типа АК (рис. 205) холодильные установки, данные по которым приведены в таблице 59.

ТАБЛИЦА 59

Данные холодильных установок

Показатели	Холодильная установка ВП	Холодильная установка АК
Холодопроизводительность (ккал/ч)	10 000	3 000—8 000
Мощность электродвигателя (квт)	5,8	2,8
Компрессор	Тип И-10	Тип 2ФВ-6,5
Число цилиндров	2	2
Поверхность охлаждения конденсатора (м ²)	2,8	3,0

5. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПО УБОРКЕ НАВОЗА

Выход навоза и навозной жижи в хозяйстве определяется количественным и качественным составом стада, системой содержания, кормления и поения животных. В среднем на одну голову скота суточный выход навоза в килограммах и навозной жижи в литрах принимается следующий.

	Выход навоза	Выход жижи
Крупный рогатый скот	30	30
Молодняк рогатого скота	15	15
Телята	6	8
Лошади	20	15
Свины	8	10
Поросята	3	6

В общем грузопотоке животноводческих ферм навоз и жижа составляют от 50 до 60% с коэффициентом неравномерности выхода по месяцам года, равным трем. Так, для фермы крупного рогатого скота в 100 голов при стойловом и пастбищном содержании можно как средние привести следующие величины выхода навоза в тоннах по месяцам года:

январь	173	июль	58
февраль	156	август	58
март	173	сентябрь	93
апрель	168	октябрь	173
май	173	ноябрь	168
июнь	36	декабрь	173

Всего за год 1622

Уборка навоза из животноводческих помещений является весьма тяжелой работой, требующей больших затрат труда.

В таблице 60 приведены сравнительные данные о затратах времени при различных способах уборки.

ТАБЛИЦА 60

Затраты времени на уборку навоза различными способами

Способ уборки	Затраты времени (час. ч.) на уборку 1 т навоза
Тяглой	2,5
Конной подводой	1,5
Подвесной дорогой	1,1
Навально-скрепачной установкой	0,44
Скребилоном транспортером	0,44

Из серии изделий с производства подвесной дороги ДП-300 выпускается установка под маркой ТСНН-2 для уборки навоза из коровников, состоящая из горизонтального и наклонного транспортеров.

Установка предназначена для уборки навоза из двухрядного или четырехрядного коровника с погрузкой его в транспортные средства (рис. 206).

Скребилоный горизонтальный транспортер состоит из круглопластинчатой цепи сварной конструкции с деревянными скребками, двух поворотных устройств и привода, состоящего из редуктора, ведущей звездочки и электродвигателя. Скребины на цепи укреплены так, что они могут отклоняться при встрече с препятствиями. Расстояние между скребками 960 мм.

Наклонный транспортер состоит из звеньев круглопластинчатой цепи с деревянными скребками, движущимися в металлическом коробе. Приво-

дится в действие через конический редуктор, соединенный муфтой с валом главного редуктора. Технические данные транспортеров приведены в таблице 61.

ТАБЛИЦА 61

Технические данные транспортеров

Показатели	Транспортер горизонтальный	Транспортер наклонный
Тип	Горизонтальный скребковый; монтируется в канале коровника	Наклонный скребковый в металлическом коробе
Размер скребка (мм)	250×80×25	250×80×25
Максимально допустимая длина цепи (м)	200	6,7
Скорость движения скребков (м/сек)	0,17	0,34
Производительность (т/ч)	2,0	4,5
Мощность электродвигателя (квт)	2,8	—
Размеры канала без обшивки (мм)	360×160	—
Размеры канала с обшивкой (мм)	320×120	—
Вес транспортера (кг)	85	300
Высота подъема навоза (м)	—	До 3,0
Угол наклона транспортера (град)	—	До 30°
Ширина металлического короба (мм)	—	300

По мере накопления навоза в коровнике периодически включаются в работу оба транспортера. Навоз, не попавший в канал, сметают в него из стойл метлой. Скребки горизонтального транспортера, передвигаясь

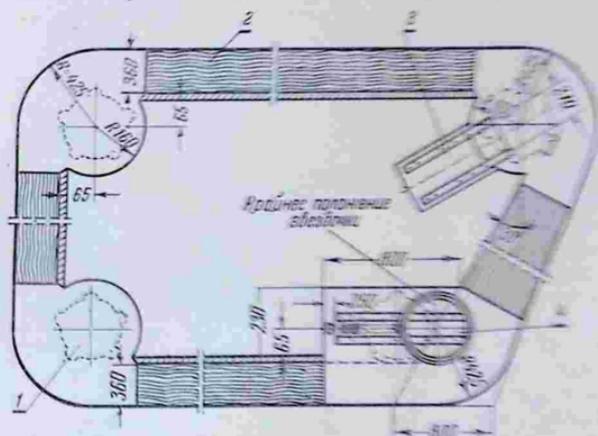


Рис. 206. Схема установки ТСНН-2 для уборки навоза горизонтальным транспортером.

1 — неповоротное устройство; 2 — канал в проеме для цепи со скребками; 3 — место для приводного устройства; 4 — наклонный транспортер.

по каналу, забирают из него навоз и подают его на наклонный транспортер. Наклонный транспортер поднимает навоз и грузит в транспортные средства.

Продолжительность уборки навоза зависит от длины коровника и количества накопившегося навоза. При трехразовой уборке навоза в сутки в двухрядном коровнике на 100 голов время уборки составляет около 1 ч.

Приводное устройство состоит из двухступенчатого редуктора, электродвигателя 2,8 квт при 950 об/мин и клиноременной передачи (рис. 207). Ведущая звездочка у редуктора делает 14 оборотов в минуту.

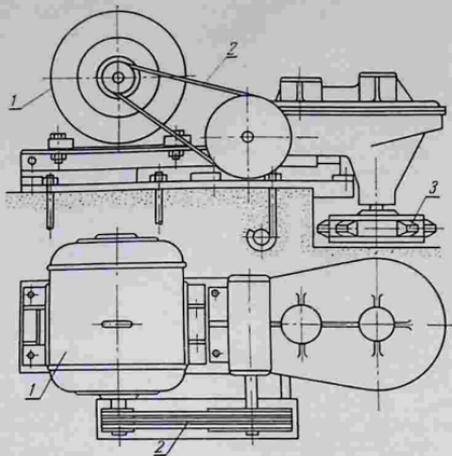


Рис. 207. Приводное устройство транспортера по уборке навоза:
1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — ведущая звездочка.

транспортеры, которые выгребают навоз из навозных канавок и транспортируют его до навозохранилища или к месту перегрузки на другие транспортные средства за пределами скотных дворов. Схема установки, созданная Запорожским филиалом ВИЭСХ, представлена на рисунке 209.

Приводная станция состоит из электродвигателя, червячного редуктора, тросоведущих блоков и натяжного грузového устройства в 300 кг. Два металлических скрепера, соединенных клиновыми зажимами с тросом, движутся по навозным канавкам (сечением 350 × 400 мм) скотного двора возвратно-поступательно. Навозные канавки сверху закрыты щитами. Между щитом и полом помещения оставлена щель в 80 мм, через которую можно метлами сбрасывать навоз в канавки.

При движении одного скрепера с навозом в рабочем направлении другой движется в обратном направлении холостым ходом. При движении скрепера в рабочем направлении весь навоз из канавки перемещается до выгребной ямы или до навозозагрузчика, при обратном движении навоз в канавке не перемещается и скрепер проходит над ним.

Как только скрепер с навозом доходит до места выгрузки, отбойник скрепера нажимает на концевый выключатель и двигатель переключается на обратное вращение. Трос, а вместе с ним и скреперы тоже начинают двигаться в обратном направлении.

Поворотное устройство состоит из поворотной звездочки, которая свободно вращается на оси, закрепленной в кронштейне. Кронштейн крепят к полу четырьмя забетонированными анкерными болтами.

В четырехрядном коровнике устанавливают два независимых комплекта транспортеров, по одному на два ряда коров.

Наклонный транспортер (рис. 208) можно устанавливать с торца коровника или с боковой стороны, если навозные проходы располагаются у наружной стены здания.

В некоторых хозяйствах (совхоз «Петровское» Московской области, совхоз «Мытищи» той же области и др.) для очистки скотных дворов применяют канатно-скреперные

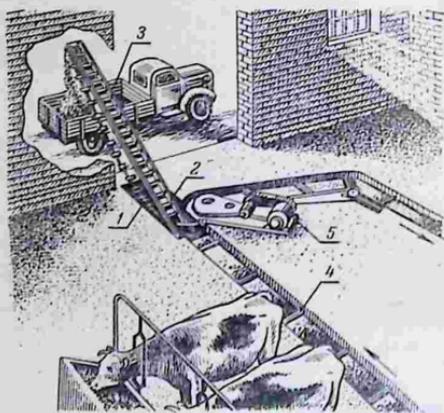


Рис. 208. Наклонный транспортер:
1 — приемник; 2 — цепь; 3 — транспортное средство для навоза; 4 — горизонтальный транспортер; 5 — привод.

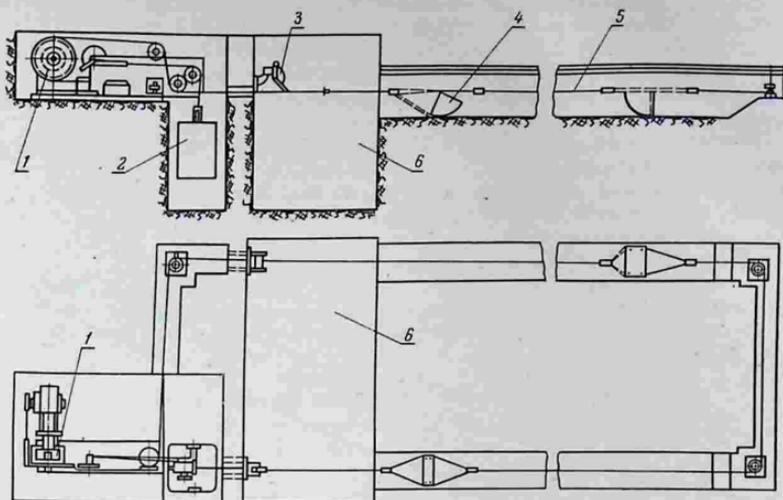


Рис. 209. Схема канатно-скреперной установки:

1 — приводная станция; 2 — натяжной груз; 3 — переключатель хода; 4 — скрепер; 5 — трос; 6 — навозосборник.

С противоположной стороны приводного устройства трос размещен на угловых поворотных роликах и проходит через середину навозного прохода скотного двора в небольшой траншее под полом. Диаметр троса 8 мм. Производительность установки 5 т/ч. Мощность электрического двигателя для привода 2,8 квт. Скорость движения троса и скреперов не превышает 0,5 м/сек. Средний расход электроэнергии составляет 0,5 квт·ч/т.

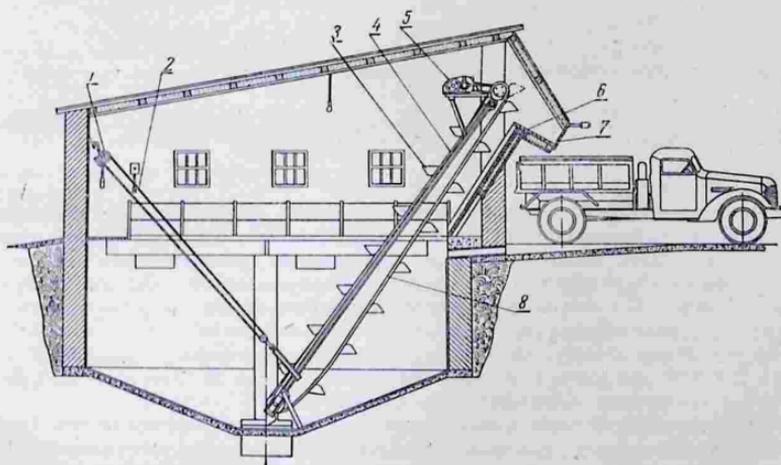


Рис. 210. Механизированное навозохранилище с ковшевым навозопогрузчиком НКК-30 ВИСХ:

1 — лебедка; 2 — канат; 3 — ковш; 4 — цепь; 5 — электродвигатель с редуктором; 6 — выводной лоток; 7 — заслонка; 8 — рама погрузчика.

Для механизации процесса выгрузки навоза из навозохранилища ВИЭСХ разработал навозопогрузчик под маркой НПК-30, смонтированный в ряде хозяйств (рис. 210). Навозохранилище строят круглой формы емкостью 300 м³ с конусообразным бетонированным дном и кирпичными стенами. Его оборудуют ковшевым навозопогрузчиком производительностью 30 м³/ч.

Емкость ковша 0,012 м³, его ширина 0,4 м, скорость движения цепи навозопогрузчика 0,7 м/сек.

Электропривод установки состоит из электродвигателя мощностью 2,8 квт, редуктора и цепной передачи.

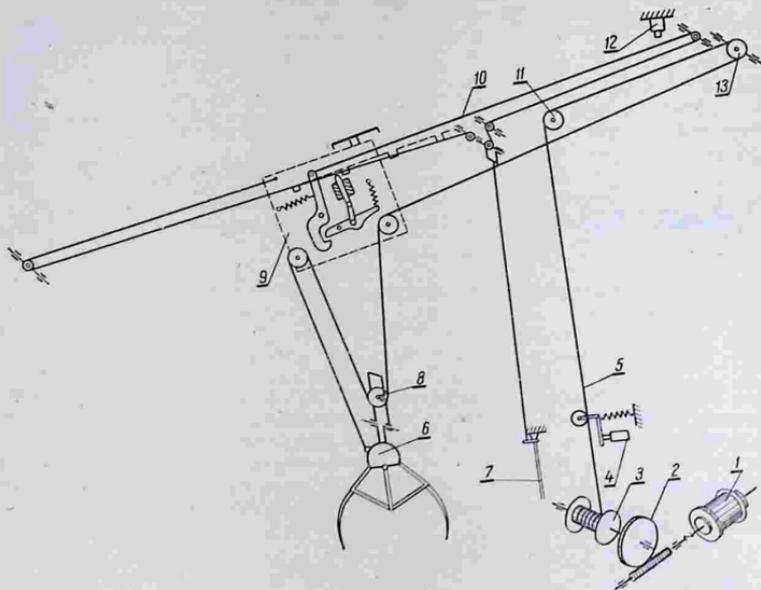


Рис. 211. Кинематическая схема электрифицированного погрузчика с виброгрейфером ЭПВ-10 ВИЭСХ:

1 — электродвигатель для привода лебедки; 2 — редуктор; 3 — барабан; 4 — конечный выключатель; 5 — трос силовой; 6 — виброгрейфер; 7 — рычаг управления; 8 — подъемный блок; 9 — каретка; 10 — трос управления; 11 — опорный ролик; 12 — конечный выключатель; 13 — верхний ролик.

Электродвигатель имеет скорость вращения 1420 об/мин, а приводная звездочка цепи навозопогрузчика — около 47 об/мин. Чтобы в зимнее время не осталась часть ковшей, загруженных навозом, можно включать навозопогрузчик на обратный ход перекидным рубильником. Расход электроэнергии составляет 0,1 квт·ч/т. После выгрузки навоза или для ремонта навозохранилища навозопогрузчик можно поднять лебедкой.

Другой тип электрифицированного погрузчика с виброгрейфером создан в ВИЭСХ для выгрузки навоза из ям или силоса из траншей и погрузки их в транспортные средства (рис. 214).

Виброгрейфер 6 поднимают и опускают тросом 5, соединенным с барабаном лебедки и через подъемный блок с головкой грейфера. В установке два электродвигателя — один для привода лебедки, а другой для привода вибратора. Заглубление клыков грейфера в массу происходит под действием эксцентрикового вибратора. Продолжительность рабочего цикла 1 мин. Расход электроэнергии 0,3 квт·ч/т. Грузоподъемность 300 кг.

6. ЭЛЕКТРОВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Основная задача вентиляции животноводческих помещений состоит в том, чтобы относительная влажность в них не была больше 80%, температура в зимнее время поддерживалась в пределах 5—15° С и содержание вредных газов было бы в допустимых нормах пределах.

Различают приточную, вытяжную и приточно-вытяжную системы вентиляции; последняя наиболее часто применяется при вентилировании неотапливаемых животноводческих помещений.

Причиной загрязнения воздуха в помещениях являются выделяемые животными вредные газы: CO_2 — углекислота, NH_3 — аммиак, H_2O — водяные пары и избыточное тепло.

Количество вредных выделений от различных животных за час в зависимости от их веса приведено в таблице 62.

ТАБЛИЦА 62

Количество вредных выделений животными различного веса

Виды животных	Вес животного (кг)	Количество вредных выделений		
		тепло (ккал/ч)	CO_2 (л/ч)	пары воды (г/ч)
Коровы дойные (суточный удой 10 л)	300	590	96	248
	400	693	114	292
	600	823	135	348
Коровы дойные (суточный удой 30 л)	400	1008	165	424
	600	1156	189	487
	800	1304	214	549
Свиньи подсосные (10 сосунов)	100	420	70	178
	150	466	78	198
	200	480	85	201
Свиньи откормочные	100	260	43	110
	200	340	57	145
	300	450	75	191
Телята от трех до шести месяцев	60	180	29	76
	90	210	34	88
	120	260	42	110
Телята от шести месяцев до года	150	310	51	130
	180	390	64	165
	220	395	66	167
	320	510	84	216
Поросята от двух до пяти месяцев	15	72	12	30
	50	134	22	57
Поросята от пяти до восьми месяцев	60	148	25	63
	80	176	29	75
	90	185	31	79

Для неотапливаемых помещений при температуре воздуха от 6 до 8° относительная влажность воздуха не должна превышать 80%, а для отапливаемых при температуре выше 10° — не более 60%. Содержание углекислоты в воздухе помещений для животных не должно превышать по объему 0,25—0,30%, или 0,0025—0,0030 м³ на 1 м³ воздуха.

При содержании углекислоты свыше 0,3% появляется ослабленное дыхание у животных, плохой аппетит, вялость и снижается продуктивность. Содержание аммиака в помещениях для животных не должно превышать 0,05%, или 0,0005 м³ на 1 м³ воздуха.

Для расчета вентиляции животноводческих помещений необходимо определить количество воздуха, которое вентилятор должен удалить из помещения или подать в него в единицу времени. Часовое количество пода-

ваемого воздуха называется вентиляционной нормой, которая определяется по формуле.

$$P = \frac{z_{ж}}{z_{д.п} - z_{д.в}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где P — приток (отсос) воздуха в помещение ($\text{м}^3/\text{ч}$);

$z_{ж}$ — количество вредных выделений животных ($\text{м}^3/\text{ч}$);

$z_{д.п}$ — допустимое количество вредных выделений в животноводческом помещении (в долях единицы);

$z_{д.в}$ — допустимое количество вредных выделений, содержащихся в приточном воздухе (в долях единицы).

Разность $z_{д.п} - z_{д.в}$ определяет количество вредных выделений, которое может унести с собой $Q \text{ м}^3$ воздуха, прогоняемого через помещение.

Расчет можно вести для удаления отдельных видов вредных выделений: углекислоты, водяных паров, аммиака и теплоты.

Чаще всего расчет ведется по удалению углекислоты, так как в большинстве случаев подсчет вентиляционной нормы по углекислоте удовлетворяет требованиям и по другим вредным выделениям.

При расчете удаления углекислоты учитывается и удаление аммиака.

Количество воздуха для удаления углекислоты подсчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{z_{ж \text{ CO}_2}}{z_{д.п \text{ CO}_2} - z_{д.в \text{ CO}_2}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $z_{д.п \text{ CO}_2}$ — допустимое количество углекислоты в животноводческом помещении;

$z_{д.в \text{ CO}_2}$ — содержание углекислоты в наружном воздухе;

$z_{ж \text{ CO}_2}$ — углекислота, выделяемая всеми животными ($\text{м}^3/\text{ч}$), определяется по формуле:

$$z_{ж \text{ CO}_2} = Gv_1n \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Здесь G — вес животного (кг);

v_1 — количество углекислоты, выделяемое одним животным в час на 1 кг живого веса ($\text{л}/\text{ч}$);

n — количество голов скота в вентилируемом помещении.

Определив количество воздуха, поступающего в животноводческое помещение или удаляемого из него, находим кратность обмена воздуха по углекислоте:

$$K = \frac{P_{\text{CO}_2}}{Vn},$$

где K — кратность обмена воздуха в помещении;

V — объем помещения, приходящийся на одну голову (м^3).

В гигиенических нормах установлены определенные кратности обмена воздуха в час. Так, для животноводческих помещений $K = 3 \div 5$, для бань, прачечных $K = 15 \div 20$ и т. д.

Наиболее совершенной является вентиляция с применением вентиляторов низкого давления различных систем, работающая от электропривода.

Вентиляторы создают в каналах напор, вызывающий передвижение воздуха и обмен его. Существуют две системы электровентиляции: с установкой в каждом из вытяжных каналов отдельного электровентилятора и с одним общим вытяжным каналом и одним электровентилятором.

Применяют центробежные и осевые вентиляторы с приводом от электродвигателя.

Электровентиляционные установки с одним вентилятором устраивают так, что на чердаке вдоль здания укладывают железную трубу, в которой делают несколько отводов, пропущенных внутрь помещения и заканчивающихся задвижками. Конец трубы присоединяют к вентилятору. Для вентилирования помещения открывают задвижки и включают вентилятор.

Применяемые вентиляторы обычно характеризуются двумя основными величинами: производительностью ($м^3/ч$) и создаваемым напором H (мм вод. ст.).

Величину необходимого напора H вентилятора определяют по сумме сопротивлений движению воздуха в канале. При этом учитывают и местные сопротивления на поворотах труб, в сужениях, заслонках и др.

С достаточной для практики точностью значение H в канале определяется по формуле:

$$H = \alpha \frac{Lv}{D^2g} \gamma \text{ (мм вод. ст.)},$$

где α — коэффициент трения воздуха в трубе, для круглых железных труб равный 0,02;

L — длина трубы канала (м);

D — диаметр трубы канала (м);

v — скорость воздуха в трубе (м/сек), принимается равной 10—15;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 (м/сек²);

γ — вес 1 м³ воздуха (кг), равный в среднем 1,2 кг.

Местные сопротивления учитывают прибавлением к найденному значению H мм вод. ст. некоторой величины ΔH , эквивалентной величине местных сопротивлений. Эта величина определяется так:

$$\Delta H = 10\beta D,$$

где β — коэффициент местного сопротивления;

D — диаметр трубы канала (м).

Значение β для основных видов местных сопротивлений следующее:

колесо прямоугольное	1,5
колесо с углом от 90 до 135°	0,5
колесо закругленное	0,1
ответвления	1,5—2,5
прямой тройник	3,0
косой тройник	1,0
постепенное сужение	0,1
задвижка (шибер)	9,0
дрессельный клапан	0,3—10,0

Определив значения Q и H' , выбирают вентилятор, наиболее близко соответствующий расчетным данным. Необходимую мощность электродвигателя для привода вентилятора подсчитывают по формуле

$$P_{дв} = \frac{QH'}{102 \eta_1 3600} \text{ кВт},$$

где Q — производительность вентилятора ($м^3/ч$);

$H' = H + \Delta H$ — напор, создаваемый вентилятором с учетом местных сопротивлений (мм вод. ст.);

η_1 — коэффициент полезного действия вентилятора, равный 0,4—0,6 для центробежных вентиляторов и 0,2—0,3 для осевых.

В таблице 63 приведены данные по центробежным ЭВР и осевым ОВМ вентиляторам.

Данные по вентиляторам ЭВР и ОВМ

ТАБЛИЦА 63

Показатели	Номер вентилятора ЭВР			Номер вентилятора ОВМ		
	3	4	5	5	6	7
Производительность Q (тыс. м ³ /ч)	1,2—3	2—6	5—9	0,7—5,4	1,2—6	1,9—7,7
Напор H (кг/м ²) при $n=960$ об/мин	27—21	52—50	85—67	5,8—3,1	8,7—4,6	11,4—8,3
Мощность (квт)	0,17—0,36	0,6—1,7	2,1—3,7	0,05—0,06	0,15	0,32
Напор H (кг/м ²) при $n=1450$ об/мин	66—65	415—123	—	13,2—7,0	19,0—14,0	25,0—19,0
Мощность (квт)	0,5—1,1	1,8—3,5	—	0,2	0,48	1,0—0,96

В помещениях для молодняка (телятники, свиарники-маточники и др.) устраивают отопительно-вентиляционную систему. В простейшем виде она состоит из калориферных печей (рис. 212). Калориферная печь К-ПА при поверхности нагрева 11 м^2 имеет теплопроводность до 100 тыс. ккал/ч при расходе топлива (дров) $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Она оборудована электродвигателем и вентилятором. Горячий воздух с температурой около 60° подается непосредственно в помещение без дополнительного оборудования, необходимого при паровом и водяном отоплении. Свежий воздух подводится приточным каналом в нижнюю часть печи к ее воздушным каналам, нагревается в последних и поступает в помещение. Применяют также специальные обогревательные электрошкафы или брудеры для поросят, цыплят и т. д.

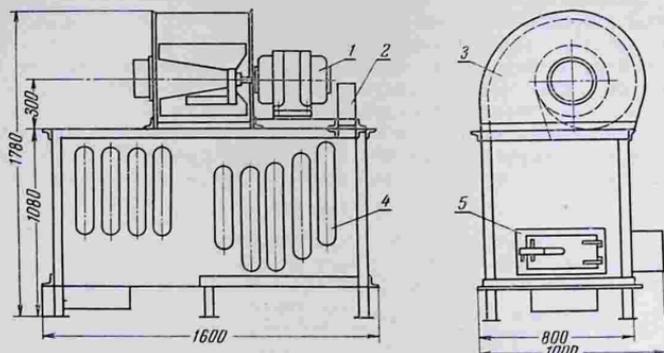


Рис. 212. Калориферная печь К-ПА:

1 — электродвигатель; 2 — дымогарная труба; 3 — корпус вентилятора; 4 — радиатор; 5 — топка.

Назначение брудеров состоит в том, чтобы создать в помещениях для молодняка в холодное и сырое время года нормальные условия по температуре, влажности, чистоте воздуха. Для этого применяется электровентиляционное устройство, с помощью которого наружный воздух прогоняется через электрокалорифер, нагревается до $10-20^\circ$ и теплым подается в ящики брудеры, в которых находится поросята.

Ящики имеют размеры $100 \times 100 \times 58 \text{ см}$ с полезным объемом $0,58 \text{ м}^3$. Они установлены на ножках высотой 100 мм. В каждом станке свиноматочника устанавливают по одному брудеру.

Электрокалорифер брудера представляет собой ящик из листового оцинкованного железа. Внутри ящика помещают нагревательные элементы из железной проволоки диаметром 1 мм в виде спиралей, закрепленных на железной рамке фарфоровыми роликами. Потребная мощность электрокалорифера составляет $0,7 \text{ кВт}$ на один бункер.

Воздух в брудере меняется 15 раз в час, при этом расход электроэнергии в холодные месяцы года (январь, февраль) составляет $0,8-1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на поросятка в сутки.

7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗГОРОДИ

Электрическая изгородь (рис. 213), применяемая для пастьбы животных, состоит из аппарата — датчика электрических импульсов высокого напряжения, источника электрического тока, опор с изоляторами, стальной оцинкованной проволоки и заземляющей штанги.

Аппарат-датчик преобразует низкое напряжение источника тока в кратковременные импульсы высокого напряжения, которые подаются в проволоку-изгородь.

Для переносных изгородей в качестве источников электрического тока применяются батареи из сухих элементов и аккумуляторные. Если изгородь

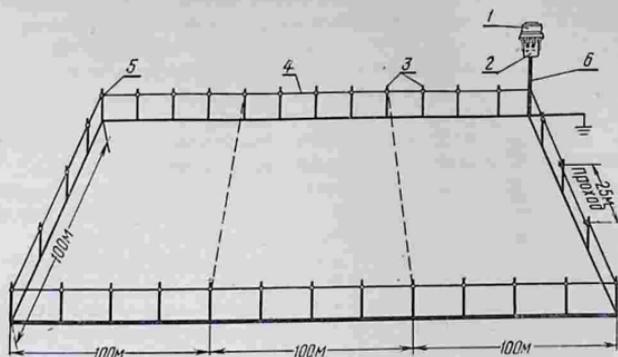


Рис. 213. Схема электрической изгороди:
1 — аппарат — датчик импульсов высокого напряжения; 2 — батарея — источник энергии; 3 — промежуточные опоры; 4 — проволока-изгородь; 5 — угловая опора; 6 — заземляющая штанга.

поставлена стационарно на несколько месяцев и находится неподалеку от сетей переменного тока, то аппарат удобно присоединить к этой сети через соответствующий трансформатор.

Автономно работающий аппарат соединяют с батареей гибким многожильным проводом с резиновой изоляцией.

Опоры электрической изгороди изготовляют из дерева, металла и комбинированными. Обычно длина опор равна 1,1—1,3 м.

К деревянным промежуточным опорам роликовые изоляторы типа РП-6 крепят гвоздями или шурупами, к металлическим — винтами. Орешковые изоляторы, предназначенные для угловых опор, привязывают к последним проволокой.

Проволока для ограждения загонов, монтируемая на опорах, берется мягкая, оцинкованная, стальная, диаметром 1—1,5 мм.

Для нормальной работы электрической изгороди необходимо хорошее заземление. В комплекте оборудования предусмотрена заземляющая штанга (рис. 214), изготовленная из уголкового стали размером 25 × 25 × 4 мм. Высота штанги 1600 мм. В землю штангу заглубляют, нажимая ногой на перекладину. На этой штанге крепят аппарат — датчик импульсов и ящик с батареями.

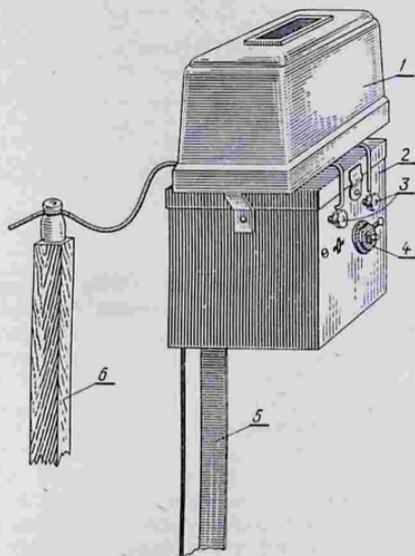


Рис. 214. Заземляющая штанга с аппаратом-датчиком и батареей:

1 — аппарат — датчик импульсов; 2 — батарея в ящике; 3 — зажимы для присоединения батарей к аппарату; 4 — выключатель; 5 — заземляющая штанга; 6 — опора;

аппарат — датчик импульсов и ящик с батареями.

В комплекте электрической изгороди, выпускаемой Калининским радиоэлектромеханическим заводом, входят аппарат — датчик импульсов типа

ЭП-3, батарея из сухих элементов в металлическом кожухе, шесть угловых опор с растяжками для крепления и орешковыми изоляторами, 28 промежуточных опор с изоляторами типа РП-6, опорная заземляющая штанга, молниеотвод и 1200 м стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,2 мм.

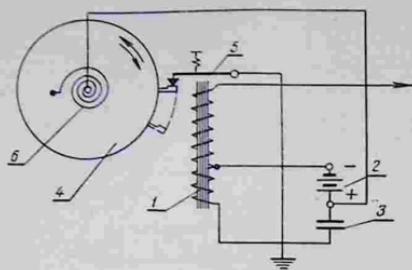


Рис. 215. Электрическая схема аппарата типа ЭП:

1 — автотрансформатор; 2 — источник энергии; 3 — конденсатор; 4 — диск маятника; 5 — якорь; 6 — пружина маятника.

При такой длине проволоки возможно ограждение загона в одну проволоку площадью до 4 га для коров, а при ограждении в две проволоки для свиней огораживается площадь 2,25 га.

Технические данные электроизгородей типа ЭП приведены в таблице 64.

Действует изгородь так. Пасущиеся животные при соприкосновении с проволокой изгороди замыкают своим телом цепь тока, и через тело животного кратковременно протекает электрический ток.

Этот ток создает ощущение «удара», пугает животных, и они стараются к изгороди близко не подходить. Получающийся «электрический удар» безопасен для жизни и здоровья животных.

ТАБЛИЦА 64

Данные по электрической изгороди ЭП-3

Показатели	
Первичное напряжение (в)	4,2—5,6
Вторичное напряжение (кв)	9—12
Емкость источника питания (батареи) (а. ч)	150
Продолжительность работы источника питания (ч)	900—1400
Вес комплекта (кг)	72
Продолжительность замыкания контактов (сек)	Не более 0,02

Несколько дней пастьбы с помощью электрической изгороди вырабатывают у животных условный рефлекс боязни прикосновения к проволоке, поэтому нет необходимости в непрерывной работе аппарата. Время от времени условный рефлекс должен подкрепляться.

Изгородь можно применять для пастьбы крупного рогатого скота, свиней, коз и овец, для защиты посевов различных сельскохозяйственных культур и стогов сена от потравы, а также для ограждения опасных для животных мест (ям, обрывов, оврагов и т. д.).

Электрическая схема аппарата ЭП приведена на рисунке 215.

Основными элементами схемы являются повышающий трансформатор, маятниковый прерыватель и конденсатор. Большое общее сопротивление обмоток трансформатора ограничивает величину тока в изгороди.

В цепь первичной обмотки трансформатора включен маятниковый прерыватель. Напряжение создаваемого прерывателем пульсирующего тока повышается с 4,5—6 в до 9—12 кв.

Прерыватель состоит из маятника с пружиной и якоря. Якорь и маятник соприкасаются через контакты.

В нерабочем положении контакты прерывателя замкнуты, а якорь под действием своей пружины находится на некотором расстоянии от сердечника трансформатора.

При подключении аппарата к питающей батарее ток, протекая по первичной обмотке, создает магнитное поле и якорь прерывателя притягивается

к сердечнику трансформатора. Двигаясь к сердечнику, якорь резко отталкивает маятник, контакты размыкаются, а пружина маятника закручивается. Таким образом, первичная цепь трансформатора прерывается, в нее прекращает поступать ток, и магнитное поле исчезает. Под действием собственных пружин якорь и маятник возвращаются в первоначальное положение, вновь замыкаются контакты, и цикл повторяется. Когда в первичной обмотке трансформатора протекает ток низкого напряжения, во вторичной обмотке возникает ток высокого напряжения. Для предотвращения обгорания контактов прерывателя параллельно им включен конденсатор.

Регулировочным винтом прерывателя изменяют натяжение пружины якоря и этим регулируют частоту импульсов напряжения в проволоке изгороди. Частоту импульсов можно регулировать в пределах 60—70 в минуту, то есть в проволоке высокое напряжение будет появляться каждые 0,9—1,0 сек. Емкость конденсатора равна 0,1 микрофарды. Высота аппарата 117 мм, ширина 110, длина 180 мм, вес 2 кг. Кожух аппарата имеет четыре вывода, из которых два служат для подключения к батарее питания, один — для присоединения к проволоке изгороди и один — для присоединения к заземляющей штанге.

В зависимости от вида животных применяют разное количество проводов и размещают их на разной высоте от земли (табл. 65).

ТАБЛИЦА 65

Данные о количестве проводов в изгороди, высоте их подвеса и расстоянии между стойками

Назначение изгороди	Расстояние между стойками (м)	Количество рядов проволоки	Высота подвеса проводов от земли (см)		
			первого	второго	третьего
Для пастбы лошадей	10—15	1	80—100	—	—
Для крупного рогатого скота	10—15	1	70—90	—	—
Для молодняка крупного рогатого скота	8—15	2	60	90	—
Для овец	10—15	2	30	45—60	—
Для коз	15—20	3	25	50	80
Для свиней	8—10	2	30	45—60	—
Для кроликов	7—15	3	12	20	28
Для защиты от волков	10—15	3	30	70	120

8. ЭЛЕКТРОМАШИННАЯ СТРИЖКА ОВЕЦ

В 1962 г. машинной стрижкой обрабатывалось в совхозах около 90% общего поголовья овец, а в колхозах 80%.

Электромашинная стрижка овец по сравнению с ручной значительно облегчает труд стригалей и в 3—4 раза повышает производительность их труда. При стрижке машинной ровнее и полнее срезается шерсть, а поэтому она получается более длинной и настригается ее на 8—10% больше. За более низкий и ровный срез и за меньшее количество «перестригов» шерсть, полученная машинной стрижкой, расценивается дороже. При машинной стрижке мало вероятны порезы кожи животного, почти неизбежные при ручной стрижке ножницами. При ручной стрижке ножницами квалифицированный рабочий за день может остричь не более 25 овец.

В зависимости от поголовья овец в хозяйствах применяются разные стригальные агрегаты.

В таблице 66 приведены данные по электростригальным агрегатам.

Электростригальные агрегаты ЭСА изготавливаются перевозными, что позволяет использовать их как на усадьбе хозяйства, так и непосредственно

Основные данные по электростригальным агрегатам

Показатели	Марка агрегата				
	ЭСА-1	ЭСА-12	ЭСА-16	ЭСА-36	ЭСА-60
Рекомендуется для хозяйств с поголовьем овец (тыс.)	1	10—12	15	25—30	45—50
Количество стригальных машинок в агрегате	1	12	16	36	60
Производительность агрегата (овец в день)	40—50	800	1100	2500	4000
Первичный двигатель:					
а) тип	—	Л-6/3	УД-2	2Ч10,5/13-3С	Д-40Р
б) мощность (л. с.)	—	6	8	20	40
в) расход топлива (кг/ч)	—	2,0	2,5	4,2	8,0
Электростанция:					
а) тип	—	ЭС-7	ЭСБ-4	ДПЭС-20	ЖЭС-30
б) мощность генератора (квт)	—	3,6	4,0	12,0	24
в) вес (кг)	—	350	250	1050	1960

на месте пастбы овец. Агрегат состоит из перевозной электростанции, соответствующего количества стригальных машинок с гибкими валами и электродвигателями, переносной сети и двух точильных аппаратов (рис. 216).

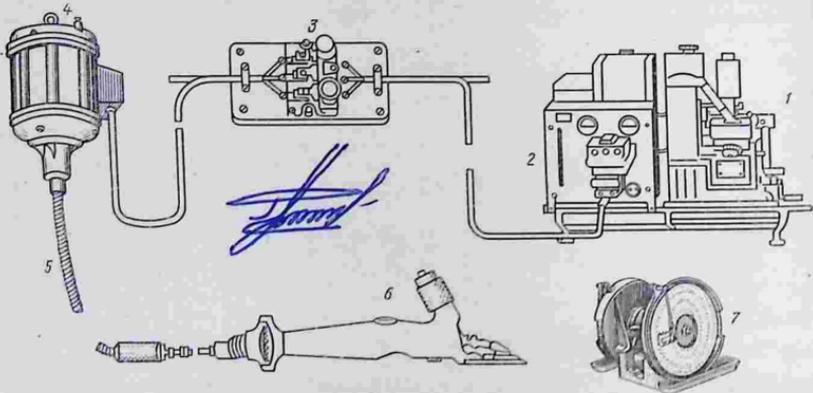


Рис. 216. Основные узлы стригального агрегата ЭСА-12.

1 — двигатель электростанции; 2 — генератор; 3 — гибкий выключатель; 4 — подвесной электродвигатель; 5 — гибкий вал; 6 — стригальная машинка; 7 — точильный аппарат.

Схема размещения оборудования на стригальном пункте агрегата ЭСА-12 приведена на рисунке 217.

При устройстве электростригального пункта электростанцию устанавливают на выровненной площадке в 16 м² на расстоянии 15—20 м от самого пункта. На этой же площадке устраивают заземление.

Для этого два отрезка уголкового железа длиной 2 м вертикально забивают в землю на расстоянии 1,5 м один от другого. Отрезки надежно соединяют между собой железной полосой 5 × 20 мм с помощью болтов. К одному из отрезков присоединяют заземляющий провод, к которому должны быть присоединены корпуса всех электродвигателей.

Заземляющий провод, осветительная и силовая переносные сети от станции до пункта подвешиваются на деревянных опорах на высоте 3 м от земли.

Электродвигатели стригальных машинок подвешивают на расстоянии 1,8 м друг от друга и на высоте 1,8 м от пола на крючках, укрепленных на столбах. Кнопочные выключатели монтируют так, чтобы стригалим удобно было ими пользоваться. Осветительные лампы размещают над столами, где стригут овец.

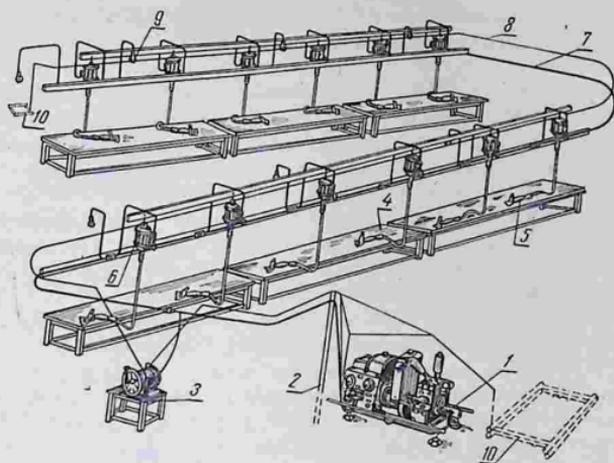


Рис. 217. Схема размещения агрегата ЭСА-12 на стригальном пункте:

1 — электростанция; 2 — опора; 3 — точильный аппарат; 4 — столы для стрижки; 5 — стригальная машинка; 6 — подвесной двигатель; 7 — силовая сеть; 8 — заземляющий провод; 9 — лампа; 10 — заземление.

Для привода стригальных машинок применяются короткозамкнутые подвесного типа электродвигатели мощностью 125 *вт*, с числом оборотов 2800 в минуту и напряжением 220/380 *в*.

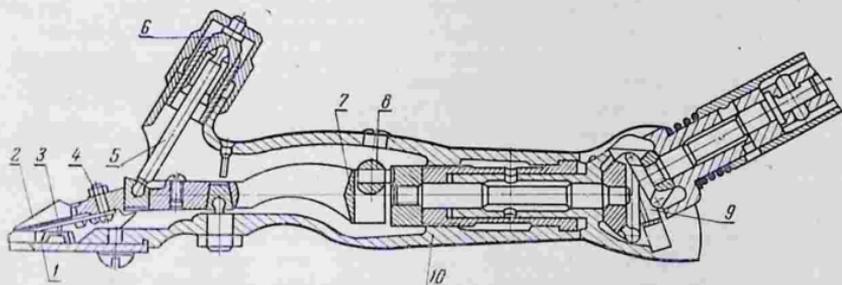


Рис. 218. Машинка для стрижки овец (разрез):

1 — гребенка; 2 — нажимная лапка; 3 — нож; 4 — гайка крепления нажимных лапок; 5 — упорный стержень для прижима ножа к гребенке; 6 — нажимной механизм; 7 — рычаг для колебательного движения ножа; 8 — эксцентриковый механизм; 9 — шарнирный механизм; 10 — корпус.

Электродвигатели марки ПАД, выпускаемые в последние годы, бескорпусные; их крышки крепятся шпильками непосредственно к железу пакета статора. Вес двигателя 7,8 *кг*.

Соединение обмоток выполнено в треугольник для присоединения к сети напряжением 230 *в*.

Электродвигатель и стригальная машинка агрегируются с помощью гибкого вала марки ВГ-10, который присоединяется непосредственно к валу ротора двигателя. Сердечник гибкого вала диаметром 10 *мм* изготавливается из четырех слоев тонкой стальной проволоки. Вал делает 2800 *об/мин*,

поэтому его помещают в защитный панцирь диаметром 20,5 мм. Длина гибкого вала 1,6 м, вес 1,5 кг. Вращение ротора электродвигателя должно быть против часовой стрелки (если смотреть в торец вала), при этом условия гибкий вал работает на закручивание, что более желательно, чем работа на раскручивание.

Машинка для стрижки овец марки МСО-77 (рис. 218) состоит из корпуса, режущего и нажимного механизмов, эксцентрика и шарнирно соединенной зубчатой пары.

Режущая пара машинки — 4-зубовый нож и 13-зубовая гребенка. Зубья гребенки, входя в шерсть, делают ее на приди, а нож, перемещаясь возвратно-поступательно по гребенке, срезает ее. Ширина захвата 76,8 мм.

Возратно-поступательное движение ножа получается благодаря эксцентрику. Число двойных ходов ножа 1800 в минуту.

Зубчатый шарнирный механизм повышает маневренность машинки и снижает число оборотов вала с 2800 до 1800 в минуту. Вес машинки 1,1 кг.

Ножи и гребенки машинок периодически точат на специальном точильном аппарате марки ТАД-350, состоящем из электродвигателя с двумя заточными чугунными дисками и двух державок. При заточке в державки вставляют нож или гребенку. Мощность электродвигателя заточного станка 0,4 квт, напряжение 220/380 в, число оборотов в минуту 1450, диаметр заточного диска 350 мм. При заточке ножей и гребенок на диск наносится тонким слоем наждачная паста, состоящая из наждачного порошка, смешанного с машинным маслом, а при доводке режущих пар заточный диск смазывается смесью масла с керосином.

Для определения выхода чистой шерсти из натуральной (немытой) применяется прибор ПГО-0,2, в котором сжимаются образцы, промытые в мыльно-содовом растворе. При сжатии развивается давление 49—50 кг/см² с помощью гидронасоса с приводом от электродвигателя мощностью 1 квт. За 1 ч прибором ПГО-0,2 можно обработать до 20 образцов.

Чтобы уменьшить расходы по перевозке шерсти и придать ей большую компактность, шерсть прессуют в кивы. Для этой цели используют горизонтальный пресс ГП1-10А производительностью 3,5 т за смену. Шерсть закладывают между прессующей и опорной плитами. Силовая гайка, перемещающая прессующую плиту, приводится в действие от электродвигателя мощностью 2,8 квт через редуктор и клиноременную передачу. Прессующую плиту останавливают в крайних положениях конечными выключателями. Расход проволоки на киву 0,45 кг.

Плотность прессования 500 кг/м³. Размер спрессованной кивы 425 × 520 × 620 мм. Вес кивы 60—70 кг.

Электростригальные агрегаты типа ЭСА имеют ряд недостатков. Главные из них — это частые поломки гибкого вала, соединяющего электродвигатель с машинкой, а также реактивный момент, создаваемый гибким валом, который воспринимается рукой стригали и, естественно, утомляет его. Наличие гибкого вала снижает и маневренность машинки. Напряжение электродвигателя машинки 220/380 в при стрижке в овчарнях с земляным полом небезопасно для стригали и требует тщательных мер безопасности.

В ВИЭСХ и ВНИИЭМ за последние годы создан образец новой электростригальной машинки, не имеющей указанных недостатков. Машинка работает на безопасном напряжении 36 в от электродвигателя на повышенной частоте (200 и 400 гц), встроенного в корпус стригальной машинки (рис. 219).

В таблице 67 приведены сравнительные данные, характеризующие современную стригальную машинку МСО-77 и варианты машинки на повышенной частоте МС-3, МС-4, и МС-5.

Из данных таблицы очевидно преимущества машинок с электродвигателем в ручке.

Производительные испытания стригальной машинки МС-4 показали, что производительность труда стигалей возросла на 30—45% в сравнении с машинкой МСО-77.

Показатели	Тип стригальной машинки			
	МСО-77	МС-3	МС-4	МС-5
Напряжение (θ)	380/220	36	36	36
Мощность электродвигателя (вт)	125	100	100	105
К. п. д. (%)	65,0	64,5	64,0	75,0
Частота тока (гц)	50	200	200	400
$\cos \varphi$	0,77	0,61	0,7	0,68
Наружный диаметр статора (мм)	—	56	50	44
Вес электродвигателя с редуктором (кг)	7,8	0,7	0,64	0,48
Общий вес машинки (кг)	11,1	1,50	1,36	1,2
Температура корпуса электродвигателя (град)	60	40	52	36
Синхронная скорость вращения (об/мин)	3000	12 000	12 000	—

Основные достоинства стригальных машинок, работающих на повышенной частоте с электродвигателем в корпусе машинки, заключаются в их большей эксплуатационной надежности, электробезопасности для стригала, а также большей производительности и меньшей металлоемкости.

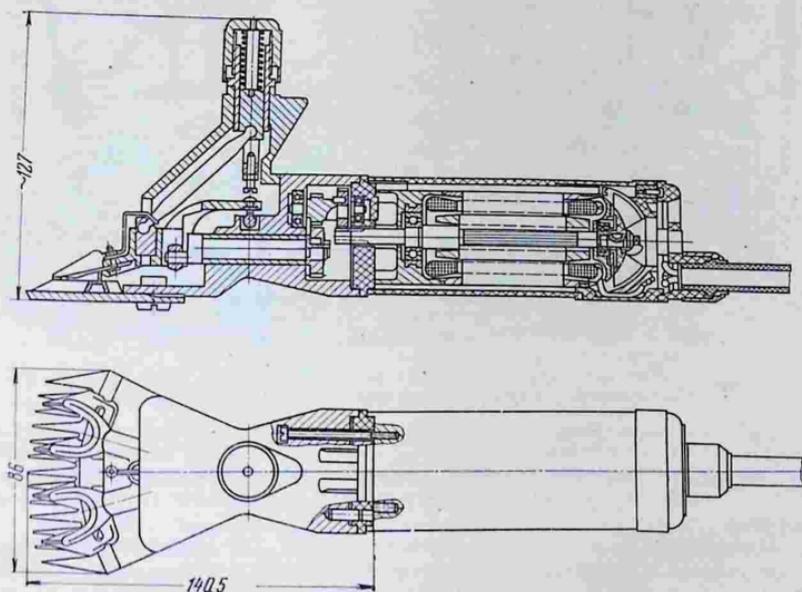


Рис. 219. Стригальная машинка МС-4 с электродвигателем в ручке на повышенной частоте.

Средняя по СССР производительность стригала в день при индивидуальном методе стрижки составляет 30—35 голов, поэтому стрижка в колхозах и совхозах продолжается больше месяца, и это приводит к большим потерям шерсти.

Повышение производительности труда на стрижке овец связано с внедрением поточных методов.

Для поточного метода стрижки овец ВИЭСХ создал карусельную установку (рис. 220) (автор инженер Р. А. Исанчури), состоящую из кольцеобразной рамы с основанием диаметром 4 м, по которому перекачиваются на колесах пять одинаковых платформ-тележек размером 2000 × 800 мм.

Каждая платформа оборудована приспособлением для фиксации животного. Четыре платформы из пяти имеют по комплекту стригальной машинки МСО-77. К пятой платформе подходит помост, облегчающий подъем овцы и ее укладку на платформу.

Платформы-тележки, передвигаясь по основанию с помощью электродвигателя мощностью 1,7 *вт*, образуют карусельную установку. Стрижка на этой установке ведется следующим порядком. Подавальщик по трапу подает овцу на платформу, укладывает ее на спину и фиксирует в таком положении. Включается электродвигатель, и карусель начинает вращаться. Платформа с овцой подходит к первому стригальному, который стрижет шерсть с внутренних участков ног, живота и грудной клетки. Затем платформа подходит ко второму стригальному, который остригает левую сторону туловища.

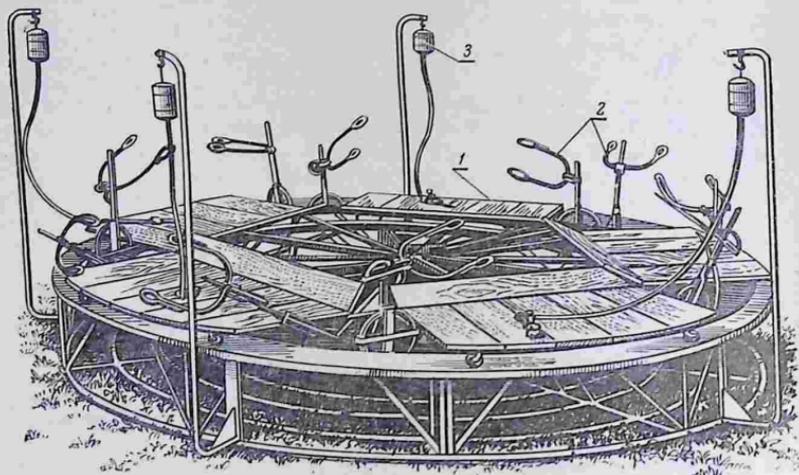


Рис. 220. Карусельная установка для стрижки овец:
1 — тележки-платформы; 2 — фиксаторы; 3 — стригальные машинки.

Третий стригаль обрабатывает шею и голову овцы, а четвертый — правую сторону туловища. Затем подавальщик, освободив остриженную овцу, опускает ее на пол и собирает руно, подавая его на классификационный стол.

Постепенное поворачивание овцы в удобное для стрижки положение осуществляется автоматически с помощью копирующего устройства во время перемещения платформ-тележек от одного рабочего места к другому.

В это же время подавальщик подает на освобождающиеся платформы новых овец.

Как показали испытания карусельной установки в 1961 г., производительность труда при поточном методе стрижки по сравнению с индивидуальным повышается более чем в 2 раза.

9. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПТИЦЕВОДСТВА

Электрическую энергию в птицеводстве широко применяют при искусственном выведении цыплят в инкубаторах и обогреве цыплят, а также при выращивании бройлеров — мясных цыплят и при содержании кур-несушек. Электроэнергия применяется для приготовления и раздачи кормов, подачи воды, уборки помета, вентиляции помещений и для ряда других работ.

В настоящее время в птицеводстве внедряется новая технология — содержание птицы на глубокой подстилке. Такая технология освобождает птичницу от самой трудоемкой работы — ежедневной уборки помещения от помета и смены подстилки.

В птичниках с глубокой подстилкой зимой тепло, благодаря чему увеличивается зимняя яйценоскость кур.

Другая важная особенность современного развития птицеводства заключается в переходе к строительству крупногабаритных бескоридрных птичников, рассчитанных на 4, 8, 12, 25 тыс. голов птицы. Такие птичники открывают возможность полной электромеханизации и автоматизации производства и в то же время стоимость одного птицеместа получается в 1,5—2 раза меньше, чем в мелких птичниках. В бескоридрном птичнике на 15%

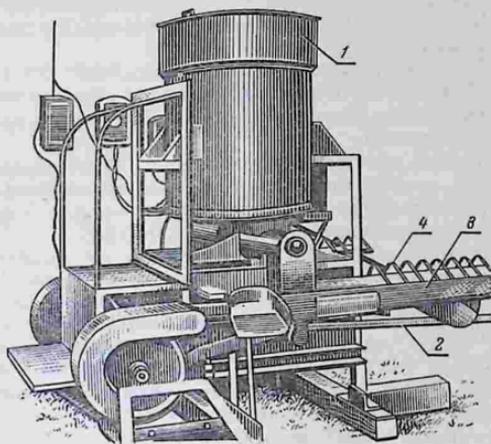


Рис. 221. Кормораздатчик «Темн» для раздачи кормов птице:
1 — смеситель-дозатор; 2 — транспортер; 3 — желоб-кормушка; 4 — ограждение.

полнее используется площадь по сравнению с широкогабаритными птичниками, имеющими в середине коридор.

Для электромеханизации производственных процессов в бескоридрных птичниках разработаны два варианта системы машин.

В бескоридрном птичнике на 12 тыс. кур, построенном в Запорожском филиале ВИЭСХ, для раздачи кормов и сбора яиц использованы самоходные машины с электроприводом, движущиеся по подвешенной дороге непосредственно в помещении для птицы. Кормораздатчик перемещается над желобковыми кормушками, автоматически заполняя их кормом. Яйцесборная тележка движется вдоль гнезд с выкатными лотками. Работница, сидя на тележке, снимает яйца с лотков и укладывает их в ящики.

Другая система машин осуществляется в таком же птичнике на 12 тыс. кур в совхозе № 25 Ставропольского края по проекту ВИЭСХ. Здесь для раздачи кормов использованы транспортеры-кормораздатчики, а для сборки яиц — выкатные лотки и ленточные транспортеры.

Кормораздатчик (рис. 221) состоит из смесителя-дозатора, транспортера, желоб которого служит кормушкой, и электропривода с электродвигателем АО42-4 мощностью 2,8 *квт* на 1450 *об/мин*.

Емкость смесителя-дозатора 0,3 *м³*, внутри него установлен вертикальный вал с лопастями, подающими корм через окна в дне бункера в два горизонтальных шнека диаметром 120 *мм*.

Транспортер ленто-гросовый, то есть половина транспортера состоит из прорезиненной ленты шириной от 80 до 125 мм, толщиной 6 мм, а вторая половина — из троса диаметром 6 мм.

Перед раздачей корма лента находится под кормушкой, а трос — в желобе-кормушке, что не мешает птице склевывать остатки корма.

При раздаче корма лента транспортера обратным движением привода перемещается в желоб-кормушку. Корм из шнека дозатора поступает на движущуюся ленту слоем 2—3 см и разносится ею по всей кормушке. Когда лента займет всю кормушку, привод отключается и птица склевывает корм с ленты. Перед очередной раздачей корма лента возвращается в исходное положение, при этом скребок, установленный на ленте дозатора, очищает кормушку от остатков корма.

Желоб-кормушку изготавливают секциями длиной по 2500 мм из листовой стали толщиной 1,0 мм. Секции крепят на стойках, что дает возможность, птице свободно проходить под кормушкой.

Над каждой секцией кормушки ставят ограждение для того, чтобы кормушки не загрязнялись и в них не попадала птица. Расстояние между кормушкой и ограждением составляет от 40 до 90 мм и регулируется в зависимости от возраста птицы.

Вдоль кормушек с обеих сторон устанавливают на определенной высоте деревянные бруски, стоя на которых птица склевывает корм.

Кормушки размещают вдоль птичника. На каждые 6 м ширины птичника необходимо устанавливать две линии кормушек.

Скорость движения ленты 0,5 м/сек, что при длине птичника 80—90 м обеспечивает раздачу корма по всем кормушкам в течение 2,5—3,0 мин.

Увлажнение смешиваемых кормов проводится непосредственно в смесителе-дозаторе, для чего к нему подведен трубопровод для подачи воды или жидких кормов, входящих в состав кормовой смеси. Смешивание корма происходит в течение 2—3 мин, затем включается привод на раздачу.

Один ленто-гросовый кормораздатчик может обслужить 3000 кур, 600 цыплят, 1000 индеек, 3000 индюшат.

Производительность кормораздатчика Q определяется по формуле:

$$Q = \frac{mN}{t} = \text{кг/сек},$$

где m — разовая максимальная дача корма (кг/гол);

N — поголовье, обслуживаемое кормораздатчиком;

t — установленное время раздачи корма поголовью (сек).

Суточное потребление кормов цыплятами (на мясо) в зависимости от их возраста в граммах на голову в сутки следующее.

Возраст цыплят (недель)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход корма (г/гол в сутки)	13	18	25	32	41	50	59	72	87	100	118	120

Для поения птиц устраивают автопоилки. Автопоилка проточного типа представляет собой открытый металлический или деревянный желоб, в один конец которого поступает вода из водопровода, а с другого конца сливается ее излишек в канализацию.

Потребность в воде в зависимости от возраста цыплят в литрах на 100 голов в сутки следующая.

Возраст цыплят (недель)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход воды (л/100 гол.)	4,5	5,5	7,0	9,0	10,0	11,5	12,5	13,5	16	18	19	20

Для комплексной электромеханизации работ в птичниках созданы технологические стенды ОШП-3 и ОШП-6.

Стенд ОШП-3 рассчитан для птичников шириной 6—8 м и длиной до 85 м с поголовьем 3—4 тыс. кур, стенд ОШП-6 — для птичников шириной до 14 м, длиной до 85 м, на поголовье 7—8 тыс. кур.

Двухсторонние стенды для широкогабаритных птичников с шириной здания 10—14 м включают два ленто-тросовых бесшнековых скоростных кормораздатчика на две ленты каждый, две проточные автопоилки, секционный пометный короб с шарнирным креплением к обеим сторонам опор гнезд, механизированные двухрядные гнезда с общим яйцесборным транспортером и приемным столом, устройство для открытия и закрытия лазов.

Ниже приведены технические данные механизированных технологических стендов ОШП-3 и ОШП-6.

Показатели	Единица измерения	ОШП-3	ОШП-6
Мощность электродвигателя смесителя кормораздатчика	квт	4,5	2×4,5
Емкость бункера-смесителя	м ³	0,47	2×0,47
Привод подъема днищ гнезд	квт	1,0	1,0
Привод лазов	квт	0,27	2×0,27
Привод яйцесборного транспортера	квт	1,0	1,0
Скорость ленты яйцесборного транспортера	м/сек	0,2	0,2
Общий вес всех металлоконструкций стенда	кг	600	1200

Стенды устанавливаются в зале для птицы, а бункеры-дозаторы кормораздатчиков и приводы к ним, приемный стол механизированных гнезд, привод механизации открывания и закрывания лазов и станция управления устанавливаются в служебном помещении — в торце здания.

Для программного автоматического управления отдельными установками-кормораздатчиками, лазами, механизированными гнездами и приемными столами линий сбора яиц применяются программные приборы К-8.

Прибор состоит из основания, на котором установлен вращающийся программный барабан с контактами.

Движение барабана происходит под действием заключенного внутри него часового механизма с пружиной. За сутки барабан делает один полный оборот. По поверхности контактов скользят неподвижные щетки.

Для дистанционного и автоматического управления машинами в птичниках применяется аппаратура нормального исполнения: магнитные пускатели типа П, ПА, ПМИ с кнопочными станциями, конечные выключатели типа ВК, пакетные переключатели ПП или ПК.

Для автоматического управления производственными процессами в птичниках разработан специальный программный прибор.

Программный прибор выполняет операции управления в заданное время, в определенной последовательности и с требуемой выдержкой по продолжительности различных производственных процессов по заранее заданной программе посредством включения и отключения электрических цепей, которые, в свою очередь, управляют машинами или процессами. Прибор (рис. 222) разработан на базе многоцепного командного прибора типа МКП. В приборе синхронный электродвигатель через редуктор приводит во вращение барабан, на котором в специальных пазах, расположенных по окружности, установлены кулачки. При вращении барабана кулачки действуют на защелки путевых выключателей, установленных над барабаном, и если защелка взводится, то контакты путевого выключателя размыкаются, если защелка освобождается, то контакты замыкаются. Таким образом, замыкая или размыкая контакты путевого выключателя, можно управлять электрической цепью.

Прибор имеет 12 путевых выключателей. На барабане каждому путевому выключателю соответствует пара кулачков, причем левый кулачок освобождает защелку а правый взводит ее. Кроме основной пары кулачков, в пару на каждый путевой выключатель можно устанавливать дополнительные кулачки, и путевой выключатель будет срабатывать несколько раз за один оборот барабана.

Устанавливая необходимое расстояние между освобождающими и взводящими защелку путевого выключателя кулачками, можно установить продолжительность замкнутого состояния контактов, следовательно, и время

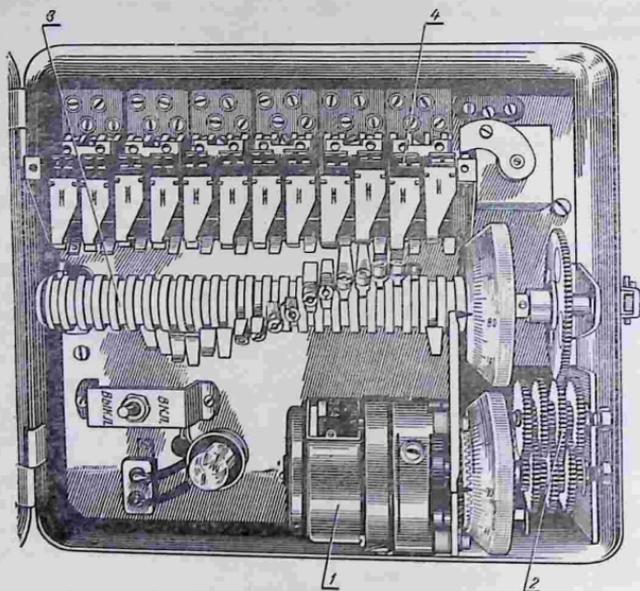


Рис. 222. Программный прибор типа МКП:
1 — синхронный электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — барабан; 4 — защелки
путевых выключателей.

работы машины, а, устанавливая необходимое расстояние между кулачками различных путевых выключателей, получают необходимую последовательность работы машин.

Так как привод программного барабана в приборе осуществляется электродвигателем, то при перерывах электроснабжения птичника прибор прекращает выполнение заданной программы.

После восстановления электроснабжения прибор продолжает выполнять программу, но она будет отставать по времени на время перерыва электроснабжения. Чтобы обслуживающий персонал птичника мог заметить, что был перерыв в электроснабжении, и восстановить программу, в схеме управления предусматривается специальная сигнализация. После перерыва, когда напряжение в сети восстанавливается, загорается сигнальная лампа, то есть обслуживающему персоналу подается сигнал о том, что был перерыв в электроснабжении и программа нарушена.

В птичниках из-за большого количества пыли применяют закрытые обслуживаемые электродвигатели, поставляемые вместе с рабочими машинами.

В механизированных птичниках особое значение имеет бесперебойность работы электродвигателей, что во многом определяется способами их защиты. Надежность защиты с помощью предохранителей зависит от пра-

вильного выбора плавкой вставки предохранителя. Номинальный ток плавкой вставки определяется по формуле:

$$I_{\text{в}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha},$$

где: $I_{\text{пуск}}$ — пусковой ток двигателя;

α — коэффициент, характеризующий условия пуска электродвигателя.

При пуске электродвигателя вместе с загруженной рабочей машиной $\alpha = 1,6$, а при пуске холостую $\alpha = 2,5$.

Правильно выбранные плавкие вставки надежно защищают сеть и электродвигатели при коротких замыканиях, когда величина тока значительно больше пускового. Токи, возникающие при перегрузке электродвигателя, часто не превышают номинальный ток плавкой вставки, выбранной по пусковому току, или превышают его на небольшую величину, при этом плавкая вставка перегорит позднее, чем разрушится изоляция обмоток двигателя. Для защиты электродвигателей и питающих сетей одновременно от коротких замыканий и перегрузок в птицеводстве применяют автоматические выключатели типа АП 50-ЗМТ с встроенными реле максимального тока мгновенного действия и тепловыми реле с зависимой характеристикой. Реле максимального тока устанавливают во всех трех фазах или в двух фазах, когда выключатель имеет нулевую защиту. При коротких замыканиях в питающей сети после выключателя или в самом электродвигателе реле срабатывают мгновенно. Тепловые реле срабатывают при перегрузках двигателя, когда ток в двигателе и питающей сети становится больше тока при нормальной нагрузке двигателя.

Защита автоматическими выключателями лучше защиты плавкими предохранителями, так как при срабатывании реле в одной фазе выключатель отключает все три фазы. После ликвидации места короткого замыкания или причины перегрузки автоматический выключатель может быть сразу же включен в работу. Предохранитель же требует замены плавкой вставки или замены целиком предохранителя.

Автоматические выключатели выпускаются на токи уставки расцепителей от 1 до 50 а.

Вблизи крупных административных и промышленных центров экономически выгодно содержать кур в многоярусных клетках-батареях, устанавливаемых в зданиях фабричного типа с центральным отоплением.

В этих условиях электрическая энергия применяется для электрического освещения, облучения птицы ультрафиолетовыми лучами, вентиляции помещений и автоматизированного привода установок по обслуживанию птицы.

Куры содержатся как индивидуально, так и группами по 5—6 голов в одной ячейке.

При выращивании птицы в клетках рекомендуется поддерживать следующие режимы температуры, влажности и обмена воздуха в зависимости от возраста цыплят.

Возраст (дней)	Температура (град)	Влажность воздуха (%)	Объем воздуха на 1 кг живого веса птицы (м ³ /ч)
1—10	24—28	65—70	1,5
11—20	22—24	60—65	1,4
21—40	20—22	60—65	1,3
41—60	18—20	55—60	1,2
61—120	16—18	55—60	1,1

Для кур-несушек необходима температура 15—16°, влажность воздуха 50—55% и подача воздуха не менее 1 м³/ч на килограмм живого веса.

В инкубаторах автоматизированы процессы обогрева, увлажнения, вентиляции и периодического поворота лотков с яйцами.

Данные по инкубаторам приведены в таблице 68.

В таблице 69 приведены элементы автоматизации инкубатора «Рекорд-39» по системам обогрева, увлажнения, вентиляции и поворота лотков.

В системе обогрева командными аппаратами являются контактный термометр и манометрическое реле, а исполнительными элементами — плунжерные ртутные реле (рис. 224).

Электронагреватели относятся к рабочим элементам системы обогрева. Они состоят из двух спиралей из нихромовой проволоки диаметром 0,8 мм, намотанных на две керамические трубки.

Автоматическое действие системы обогрева происходит следующим образом (рис. 225).

Переключатель Π_1 установлен, как показано на схеме, на контроль за температурой с помощью контактного термометра. Если температура в инкубаторе ниже $37,5^\circ$, то ртуть в контактном термометре не замыкает верхний контакт и катушка реле РП-2 не оживлена током. Следовательно, якорек отжат кверху и замкнут на контакт K . Ток протекает от второй фазы через Π_1 , через катушки плунжерных реле к первой фазе. Катушки плунжерных реле оживлены током. Цилиндрики втянуты в ртуть стеклянных баллонов. Ртуть вытеснена кверху и замыкает верхний контакт. Печи включены — температура поднимается.

Как только температура поднимается до $37,5^\circ$, контакт в контактном термометре замыкается и ток пройдет от первой фазы через капиляр термометра, через катушку РП-2 ко второй фазе.

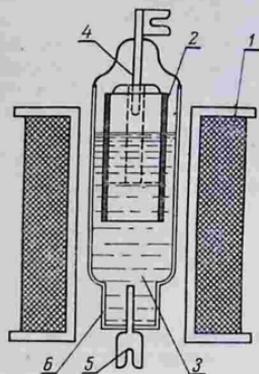


Рис. 224. Плунжерное реле: 1 — катушка реле; 2 — плунжер — металлический цилиндр; 3 — ртуть; 4 — верхний контакт; 5 — нижний контакт; 6 — стеклянная колба.

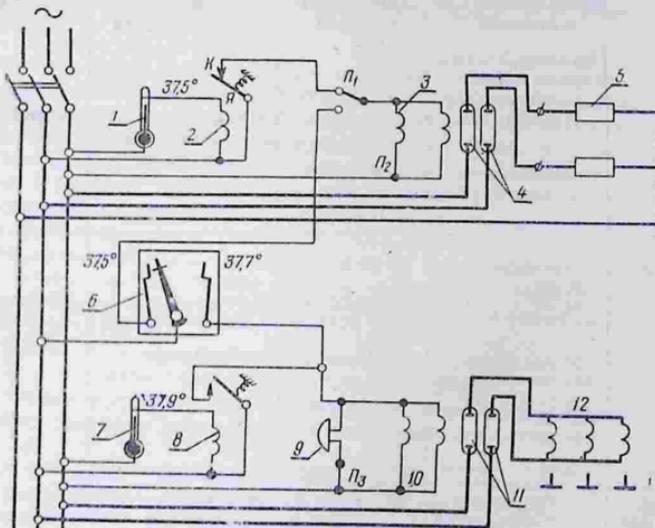


Рис. 225. Электрическая схема системы обогрева:

1 — контактный термометр $37,5^\circ$; 2 — катушка промежуточного реле РП-2; 3 — катушки плунжерных реле; 4 — плунжерные реле; 5 — нагреватели; 6 — манометрическое реле РМ-2; 7 — контактный термометр $37,5^\circ$; 8 — катушка промежуточного реле РП-3; 9 — аварийный звонок; 10 — катушки плунжерных реле воздушных клапанов; 11 — плунжерные реле клапанов; 12 — катушки воздушных клапанов.

Данные по инкубаторам

Показатели	Инкубатор		
	«Рекорд-39»	ВИР-9	«Универсал-45»
Общая емкость яйцемест	39 312	7 200	45 360
В том числе:			
инкубационных	33 696	—	38 880
выводных	5 616	7 200	6 480
Размеры * (мм):			
длина	3,5	3,0	5,22
ширина	3,1	1,2	2,40
высота	2,5	1,9	2,20
Объекты автоматизации	Обогрев инкубатора, увлажнение воздуха, поворот лотков, сигнализация	Обогрев инкубатора, увлажнение воздуха	Обогрев инкубатора, увлажнение воздуха, поворот лотков с яйцами, сигнализация
Мощность нагревателей (квт)	3,2—3,6	2,0	6,0
Количество электродвигателей	6	2	9

* Размеры выводной части инкубатора «Универсал-45»: длина 1828 мм, ширина 2244 мм и высота 2454 мм.

ТАБЛИЦА 69

Элементы автоматизации инкубатора «Рекорд-39» по системам

Система	Командный аппарат	Промежуточный орган	Исполнительный орган	* Рабочий орган
Обогрева	Контактный термометр 37,5°	Промежуточное реле РП-2	Плунжерное реле обогрева	Электрические нагреватели
	Манометрическое реле РМ-2: а) контакт 37,5° б) контакт 37,7°	— —	То же Плунжерное реле охлаждения и сигнальное	То же Воздушные клапаны, звонок
	Контактный термометр 37,9°	Промежуточное реле РП-3	—	То же
Увлажнения	Контактный психрометр: а) 29° (54%) б) 32° (68%)	Промежуточное реле РП-1 То же	Плунжерное реле увлажнения То же	Двигатель увлажнения и увлажнитель То же
	Манометрическое реле РМ-3: а) 29° б) 32°	— —	» » » »	» » » »
Вентиляции	Кнопка магнитного пускателя	—	Магнитный пускатель	3 двигателя и 3 вентилятора
Поворота лотков	Реле времени	—	Плунжерное реле поворота лотков	Двигатель поворота лотков

Предположим, что нам необходимо установить влажность 54% (29°) от контактных психрометров. Π_1 ставим в верхнее положение, Π_3 — тоже. При влажности меньше 54% контакт психрометра не замкнут, в катушке реле РП-1 тока нет, якорек отжат и замкнут на контакт K , цепь катушек плунжерных реле включена и двигатель работает. Как только влажность повысится до 54%, контакт в психрометре замкнется — включится цепь катушки реле РП-1. Якорек его притянется, контакт K разомкнется, двигатель остановится.

Чтобы вести контроль за влажностью через реле РМ-3, переключатель Π_3 ставят в нижнее положение. При этом катушки плунжерных реле будут включаться и выключаться при замыкании или размыкании левых контактов РМ-3.

В системе поворота лотков двигателем поворота лотков управляет реле времени через плунжерные ртутные реле. Механизм реле

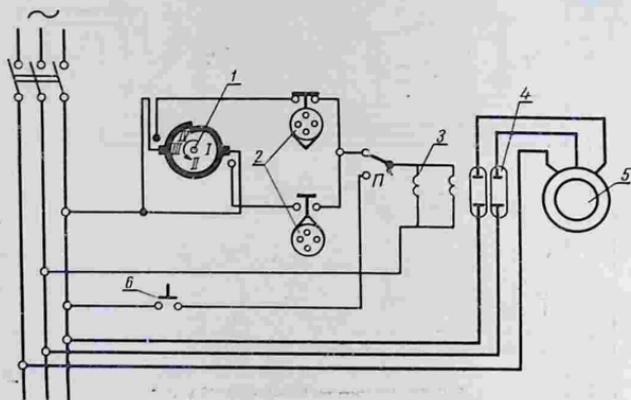


Рис. 227. Электрическая схема системы поворота лотков:

1 — диск реле времени; 2 — конечные выключатели; 3 — катушки плунжерных реле; 4 — плунжерные реле; 5 — двигатель поворота лотков; 6 — кнопка ручного управления поворотом лотков.

времени (рис. 227) приводится в движение маленьким электрическим двигателем мощностью 16 *вт*. Редуктор уменьшает число оборотов вала двигателя с 3000 в минуту до 1 оборота в 4 ч текстолитового диска, на котором нанесены часовые и получасовые деления. Диск имеет вырез. По окружности диска скользят два пружинящих контакта, разомкнутых с неподвижными нижними контактами. Когда вырез на диске подходит к пружинящему контакту, тот соскакивает и замыкается с неподвижным контактом. При этом включаются катушки плунжерных ртутных реле и двигатель поворота лотков.

Диск реле времени вращается против часовой стрелки. Когда вырез диска подойдет под левый скользящий контакт, тот провалится и замкнется с неподвижным контактом. Ток от первой фазы пойдет через этот контакт и контакт конечного выключателя, через переключатель Π в катушки плунжерных реле и во вторую фазу. Катушки оживятся током, контакты реле замкнутся, двигатель включится и будет поворачивать лотки. Диски с эксцентриками, сидящие на одном валу, будут вращаться по часовой стрелке. Как только верхний диск своим эксцентриком подойдет к штоку конечного выключателя и нажмет на него, цепь катушек плунжерных реле разорвется и двигатель выключится. В это время нижний диск повернется эксцентриком вниз и шток опустится, контакты конечного выключателя замкнутся. Через 2 ч вырез диска реле времени подойдет к правому скользящему контакту и включится двигатель поворота лотков через вторую пару контактов реле времени и второй конечный выключатель.

Чтобы установить лотки в горизонтальное положение (при закладке яиц), переключатель *II* ставят в нижнее положение и нажимают на кнопку.

Система вентиляции. Для развивающихся зародышей, помимо тепла и влаги, необходим кислород. Непрерывно работающими в период инкубации вентиляторами засасывается свежий воздух из помещения через отверстие над дверью инкубатора, а нагретый и влажный воздух — из смесительного шкафа. Этими потоками создается движение воздуха в инкубаторе, что обеспечивает однородность воздуха по температуре, влажности и химическому составу.

Электрическая схема системы вентиляции проста: от кнопки включается магнитный пускатель, который включает три электрических двигателя с вентиляторами.

Общая установленная мощность обогревателей и шести электродвигателей инкубатора «Рекорд-39» 4,74 *квт*, из них три двигателя по 0,25 *квт* вращают вентиляторы, один 0,125 *квт* на увлажнении, один 0,25 *квт* в системе поворота лотков и один 0,016 *квт* для вращения диска реле времени. Мощность двух электронагревателей 3,6 *квт*.

Инкубатор ВИР-9 как выводной комплектуется с двумя инкубаторами «Рекорд-39». Лотки с яйцами из инкубатора «Рекорд-39» для выведения цыплят переносят в инкубатор ВИР-9 на 20-й день инкубации. Он полностью автоматизирован. Элементы электрооборудования и принципы действия различных систем автоматизации во многом одинаковы с аналогичными системами инкубатора «Рекорд-39», за исключением того, что системы поворота лотков и манометрических реле в системах обогрева и увлажнения у ВИР-9 отсутствуют. В инкубаторе ВИР-9 два электродвигателя: один мощностью 0,25 *квт* для вентиляции, другой мощностью 0,125 *квт* для увлажнения.

Инкубаторный вариант ВИР-9 в отличие от выводного имеет устройство для поворота лотков с яйцами.

Инкубатор «Универсал-45» является усовершенствованным электрифицированным и автоматизированным инкубатором. Инкубационная часть представлена тремя одинаковыми шкафами в одном корпусе, а выводная — в виде отдельного шкафа.

В инкубаторе «Универсал-45» автоматизированы обогрев, увлажнение воздуха, периодическое через 2 ч поворачивание лотков с яйцами на 45° в обе стороны и аварийная звуковая сигнализация на случай прекращения подачи напряжения, перегрева воздуха в шкафу и обрыва вентиляторного ремня.

Для каждого шкафа инкубационной части имеются три электродвигателя: один мощностью 0,25 *квт* для поворота лотков, устанавливаемый на боковой панели инкубатора, другой в 0,25 *квт* для вентиляции на потолке инкубатора и третий в 16 *вт* для вращения диска реле времени.

Двухстворчатая дверь каждого шкафа имеет автоблокировку, выключающую щит управления шкафа и вентилятор при ее открытии и включающую их при закрытии. В каждом шкафу установлены четыре закрытых электрических ленточных нагревателя общей мощностью 2 *квт*.

Регулятором температуры воздуха в инкубаторе является температурное реле РТ-1, датчиком в котором является мембрана с эфиром, выполненная из гофрированных латунных дисков.

Расширение или уменьшение мембраны через иглу передается исполнительному аппарату — ртутно-магнитному выключателю ВРМ-6, включающему или выключающему нагреватели. В каждом шкафу устанавливают по три реле температуры: два в системе обогрева и одно в системе охлаждения.

Регулятором влажности является реле увлажнения. В качестве датчика используется вискозная ткань, которая при высыхании сжимается, а при увлажнении расширяется. Прибор реагирует на изменение влажности воздуха независимо от его температуры. Изменение длины ткани через иглу

передается на исполнительный аппарат, включающий или выключающий соленоидные краны.

Соленоидный кран состоит из регулируемого водяного крана и соленоидной катушки, открывающей или закрывающей плунжер крана.

В каждом шкафу инкубатора имеются две автоматически действующие воздушные заслонки. Их назначение — регулировать обмен воздуха в инкубаторе в зависимости от температуры. Датчиком у заслонок также используются мембраны с эфиром. Включением заслонок управляет реле охлаждения.

В системе автоматизации поворота лотков в качестве датчика включения используется реле времени РВ-2, а в качестве исполнительных аппаратов — два реле МКУ-48 на 220 в с четырьмя открытыми и двумя закрытыми контактами. Реле МКУ-48 включают электродвигатель поворачивающего механизма вправо или влево. Реле между собой заблокированы, поэтому одновременное включение обоих реле исключено.

Реле МКУ-48 — электромагнитное промежуточное реле. С его помощью импульс электрического тока, проходящего через обмотку катушки электромагнита, преобразовывается в механическое усилие для разрыва или замыкания от одной до восьми пар контактов. Срок службы реле не менее 1 млн. включений или выключений. Длительно допустимый ток через контакты 5а, поэтому реле МКУ-48 широко применяются как в цепях сигнализации, так и в цепях управления.

Катушки реле МКУ-48 изготавливаются на 12, 24, 36, 127, 220, 380 в переменного тока и на 12, 24, 48, 60, 110 и 220 в постоянного тока.

Привод поворота лотков в инкубаторе «Универсал» отключается конечными выключателями КВ-9А.

Над двухстворчатой дверью инкубатора с внешней стороны на панели размещены ручки регуляторов температуры, влажности и охлаждения, а также пять сигнальных ламп. При включенных нагревателях горят две красные лампы, при включении регулятора охлаждения горит зеленая лампа; лампочка желтого цвета загорается при работе увлажнительной системы, а белая лампочка горит при открывании дверей.

Цепи управления и сигнализации питаются от понижающего трансформатора 220/24 в. Щит управления шкафом инкубатора монтируется с задней стороны. На щите установлены трехфазный выключатель, предохранители, реле МКУ-48 для включения двигателя вентилятора, реле МКУ-48 для включения охлаждения, понижающий трансформатор 220/24 в.

Глава третья

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

1. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РАБОТ НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

Комплексная электромеханизация и автоматизация операций по очистке, сортировке, сушке, погрузке и разгрузке зерна на зерноочистительных пунктах выполняются при поточном методе производства, при котором каждая из машин, входящих в комплекс, выполняя свою операцию, одновременно подготавливает условия для выполнения операции следующей машиной.

Технология и объем операций на зерноочистительном пункте определяются составом культур, размером валовых сборов и метеорологическими условиями зоны в период уборки. Из весьма большого разнообразия зерноочистительных пунктов, применяемых в различных зонах страны, можно выделить два основных типа: собственно зерноочистительные для южных, юго-восточ-

ных и вообще сухих районов страны и зерноочистительно-сушильные для зон повышенного увлажнения, где зерно, как правило, искусственно подсушивается.

Наличие или отсутствие искусственной сушки во многом определяет и тип постройки пункта (навес, здание, открытая площадка), а также и часовую производительность.

Производительность пунктов в южных зонах с естественной сушкой зерна составляет от 5 до 20 *т/ч*, а в увлажненных с искусственной сушкой — от 1 до 5 *т/ч*.

На электромеханизированных зерноочистительных пунктах применяют простой, групповой и автоматизированный электроприводы для приведения

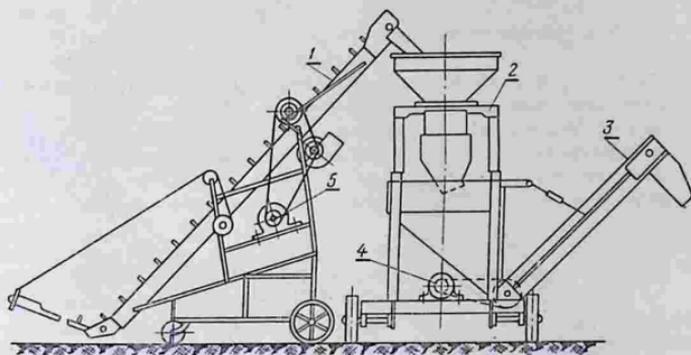


Рис. 228. Агрегат для погрузки, взвешивания и отгрузки зерна:
1 — зернопогрузчик ЗП-40; 2 — автоматические весы Д-50П; 3 — зернопогрузчик для отвешенного зерна; 4 — двигатель транспортера отвешенного зерна; 5 — двигатель зернопогрузчика.

в действие системы зерноочистительных машин, загрузочных и разгрузочных транспортеров, а также перегружающих транспортеров.

В южных зерновых районах страны зерно обычно подвозится на пункт автомашинами с участков, убираемых 8—10 комбайнами, т. е. с площади 2,5—3 тыс. га. Оно поступает на автовесы и затем сыпается в приемный бункер емкостью 80 *т*. В приемном бункере установлен ковшовый элеватор, который подает зерно в машину для очистки. Очищенное зерно транспортируется шнеком в бункер емкостью до 200 *т*.

Для взвешивания зерна на пункте часто используются порционные автоматические весы. Зерно на них взвешивают порциями по 20 или 50 кг. Имеются и электрифицированные образцы весов. Так, в погрузочно-весовом агрегате (рис. 228), состоящем из погрузчика ЗП-40, автоматических весов Д-50П и выгрузного транспортера, установлены два электродвигателя: один на автоматических весах выгрузного транспортера, а другой на зернопогрузчике.

В совхозах и колхозах используются разнообразные зерноочистительные машины.

Данные о наиболее распространенных машинах с указанием их производительности и потребной мощности электродвигателей приведены в приложении 15.

В качестве примера зерноочистительного пункта «южного» типа кратко рассмотрим устройство зерноочистительного электрифицированного тока, разработанного Запорожским филиалом ВИЭСХ.

Электрифицированный зерноочистительный ток представляет собой крытую площадку размером 18 × 42 *м* (рис. 229).

На площадке устроены два заглубленных бункера для зерна емкостью по 25 *м*³, первый служит для приема зерна, поступающего от комбайнов, а второй — для очищенного зерна.

По конструкции бункеры одинаковы: квадратные по верхнему периметру ($3,8 \times 3,8$ м) с наклонными под углом 40° стенками и дном, что обеспечивает поступление зерна к транспортерам самотеком.

Стенки бункеров выложены из кирпича, оштукатурены и покрыты цементом. Бункер для неочищенного зерна перекрыт решеткой из досок сечением 5×18 см, поставленных на ребро. Бункер для очищенного зерна закрывается щитом из досок.

Между бункерами установлена зерноочистительная машина ОВ-10 производительностью 10 т/ч. Можно использовать машины и других марок (см. приложение 15).

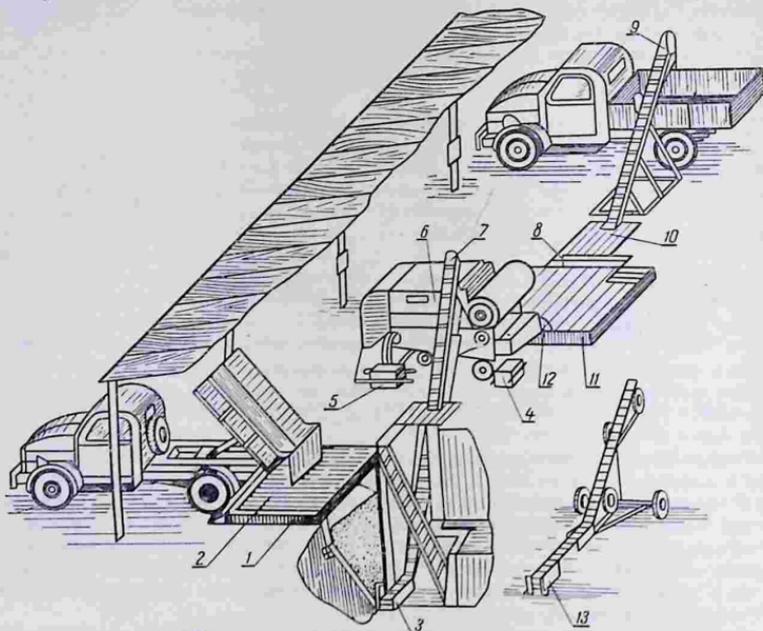


Рис. 124. Электрифицированный зерноочистительный ток:

1 — бункер неочищенного зерна; 2 — решетка; 3 — питатель транспортера; 4 и 5 — емкости для отходов; 6 — приемный ковш зерноочистительной машины ОВ-10; 7 — скребковый транспортер; 8 — регулировочная заслонка; 9 — выгрузный транспортер; 10 — приемник очищенного зерна; 11 — бункер очищенного зерна; 12 — лоток, по которому очищенное зерно от машины подается в бункер; 13 — передвижной зернопогрузчик ЗП-40.

Зерно подается из первого бункера в зерноочистительную машину скребковым транспортером длиной 7 м, который изготовлен из загрузочного и выгрузного транспортеров, поставляемых с машиной ОВ-10.

Привод зерноочистительной машины ОВ-10 и питающего транспортера осуществляется от одного электродвигателя. Для выгрузки из бункера очищенного зерна установлен скребковый транспортер производительностью 40 т/ч, изготовленный по типу зернопогрузчика ЗП-40.

На току предусмотрен также передвижной зернопогрузчик марки ЗП-40 для перелоначивания зерна и погрузки его.

Зерно, привезенное на ток, после взвешивания на автовесах выгружают из автомашин на решетку, через которую оно просыпается в первый бункер, поступает в питатель транспортера и подается в загрузочный ковш зерноочистительной машины. Подачу зерна в транспортер регулируют заслонкой при помощи штанги. Излишек зерна из ковша машины пересыпается в зерно-

слив и по деревянному лотку стекает в питатель. Очищенное зерно по лотку самотеком поступает во второй бункер.

Отходы в виде тяжелых примесей собираются в ящиках, а легкие примеси — в мешках, подвешенных к машине.

Очищенное зерно из бункера транспортером подается в автомашины, а если переполнен бункер и нет транспорта, — в бунты на площадку. Из бунта зерно погружается в автомашины передвижным зернопогрузчиком ЗП-40.

Производительность зерноочистительного тока (по пшенице) составляет 8,5 т/ч. Каждый из трех электродвигателей на току — на зерноочистительной машине, на выгрузном транспорте и на зернопогрузчике ЗП-40 — имеет мощность 4,5 квт. Тип двигателя АО или АОЛ52-6. Удельный расход электроэнергии 0,5 квт·ч/т.

Зерноочистительный ток обслуживают два человека; затраты труда на очистку тонны зерна составляют 0,33 чел·ч.

В зерноочистительной машине ОВ-10, которая используется при очистке и сортировании зерновых, зернобобовых, крупяных и технических культур с доведением их чистоты до продовольственных кондиций, механизированы процессы загрузки зерна с помощью загрузочного транспортера с самозахватывающим питателем, процесс очистки с помощью вентилятора, сортирования по толщине и ширине решетками и отгрузка зерна отгрузочным транспортером.

Электромагнитные семеочистительные машины ЭМС-1 и «Гомпер» используются для очистки семян клевера, люцерны, льна и проса от семян таких сорняков, как повилка, подорожник, горчак и др.

Очистка от сорняков основана на том, что к семенам сорняков, имеющим шероховатую поверхность, пристают мелкие частицы специального порошка, а к культурным семенам, поверхность которых гладкая, частицы этого порошка не пристаю.

Смесь из семян, сорняков и порошка пропускают через электромагнитный барабан, к поверхности которого пристаю семена сорняков с порошком, а семена очищаемой культуры отсортировываются.

В соответствии с технологией в электромагнитных семеочистительных машинах предусмотрены смеситель, где происходит смешивание семян с порошком, элеватор, подающий семена в приемный ковш, один (в машине ЭМС-1) или два (в машине «Гомпер») электромагнитных барабана, выгрузной элеватор, электродвигатель для привода рабочих органов и вращения генератора постоянного тока, необходимого для намагничивания электромагнитов барабана.

Технические данные электромагнитных семеочистительных машин следующие.

	ЭМС-1	«Гомпер»
Ток намагничивания (а)	12	5,4
Напряжение (в)	50	220
Расход порошка в % от веса очищаемых семян	1,5—2	0,5—1
Мощность электродвигателя (квт)	4,5	4,5
Производительность (кз/ч)	200	400—500

В зерноочистительной машине ОСМ-5 имеется два электродвигателя. Один используется для привода основных узлов машины, а другой вращает вентилятор для пневматического транспортирования очищенного зерна в бункер.

В районах с повышенной влажностью для искусственной сушки зерна используют различные зерносушилки, данные по некоторым из них приведены в приложении 15. В зерносушилках на электроприводе обычно работают вентиляторы и транспортеры различных конструкций.

При сооружении крупных зерноочистительных пунктов целесообразно в качестве источника электроэнергии использовать отдельную трансформаторную подстанцию — мачтовую или передвижную с питанием от высоковольтной линии.

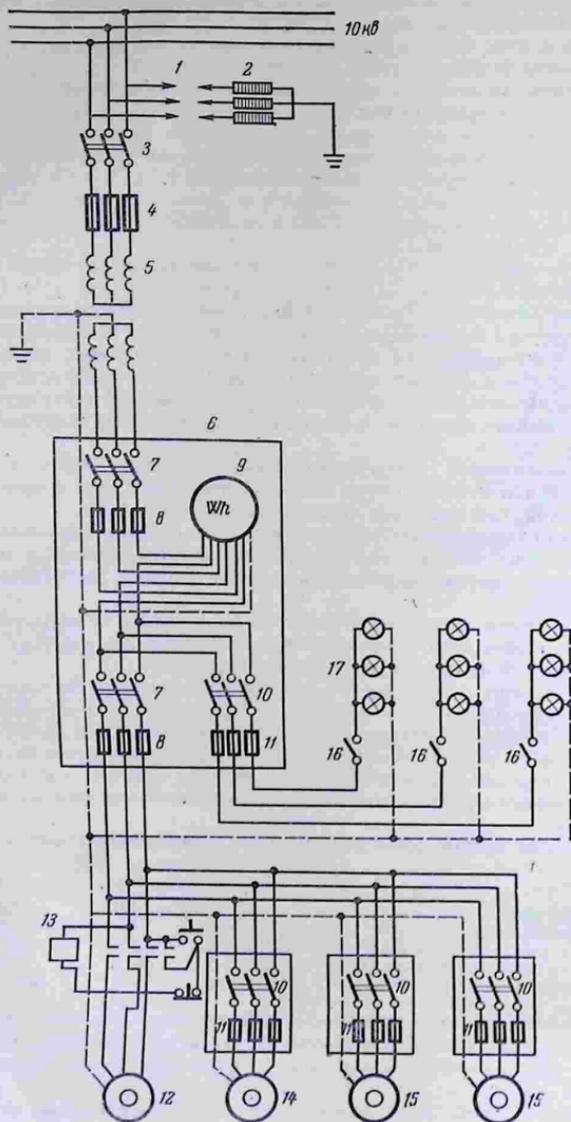


Рис. 230. Электрическая схема зерноочистительного тока:

1 и 2 — разрядник РВП-10; 3 — разъединитель РЗНП; 4 — предохранители с кварцевым наполнением ПК-10; 5 — трансформатор ТМ-10/0,4; 6 — распределительный щит; 7 — рубильник трехполюсный Р-3; 8 — предохранители трубчатые ПР-2; 9 — счетчик электроэнергии ИТ на 10 а; 10 — рубильник освещения; 11 — предохранители; 12 — электродвигатель АО 51-4 ворохоочиститель ОВ-6; 13 — магнитный пускатель ПМ; 14 — электродвигатель АО32-4 вейлиса-сортировщика ВС-2; 15 — электродвигатели АО41-4 зернопульта и зернопогрузчика; 16 — выключатели; 17 — электролампы.

Простейшая схема электрификации зерноочистительного пункта от трансформаторной подстанции приведена на рисунке 230. Внутриколхозный зерноочистительный пункт, показанный на схеме, оборудован ворохоочистителем ОВ-69, веялкой-сортировкой ВС-2, зернопультом и зернопогрузчиком.

2. ЭЛЕКТРОМОЛОТЬБА

В связи с широким внедрением раздельного способа уборки и обмолота урожая комбайнами объем стационарной молотьбы резко сократился. Электромолотьба сохраняет свое значение для Прибалтийских республик и некоторых северных районов страны.

Электрификация позволяет осуществить полную механизацию работ на молотильном току, то есть, помимо самого обмолота, электрифицировать процессы подачи обмолачиваемой массы в барабан, удаление соломы и половы от молотилки и укладку их в скирды, дополнительную обработку зерна и его транспортировку в бункер.

В барабан молотилки обмолачиваемая масса подается транспортером-снопоподавателем, который приводится в движение от электродвигателя.

Для подачи соломы от молотилки на скирду используют пневматический транспортер. Вентилятор транспортера создает скорость воздуха в трубопроводе 17 м/сек и напор 135—140 мм вод. ст. Вентилятор рассчитан на пропуск 3 т соломы в час. Потребная мощность электродвигателя при таком напоре составляет 9,4 квт.

Трубопровод, составленный из отдельных звеньев длиной 710 и диаметром 430 мм и имеющий два колена под прямым углом, может транспортировать солому на расстояние до 50 м от молотилки.

Для транспортирования половы и сбины применяется подобная же установка с двигателем мощностью 4,5 квт.

Основной двигатель для привода молотилки целесообразно располагать на самой молотилке. Это облегчает расстановку всего оборудования на току, передвижение обслуживающего персонала и транспорта, сокращает длину приводных ремней и улучшает условия техники безопасности. Производительность и потребная мощность некоторых молотилок для различных культур и машин по обработке волокна приведены в таблице 70.

ТАБЛИЦА 70

Данные о молотилках и машинах по обработке различных культур

Наименование машины	Производительность (т/ч)	Потребная мощность (квт)
Сложная зерновая молотилка «Иманта-42М»	0,9	30,0
Копилемолотилка МЛК-4,5	1,37	10,0
Льномолотилка сложная МЛ-2,8	2,8	5,0
Льномолотилка простая МЛП-3,5	3,0	4,5
Молотилка для обмолота кукурузных початков МКП-3,0	2,0	10,0
Универсальная льнокопелемилка МЛКУ-6	0,45	3,7
Пенькотрещальная машина ПТМ-1	0,25	5,5
Куделеприготовительная машина КПК-100	0,15	4,0
Трепалка льна ТЛ-40	0,1	6,5

Сложная зерновая молотилка «Иманта-42М» имеет приспособления для обмолота семенников трав, механизированной разрезки и подачи хлебной массы в барабан. Для пневматического отвода соломы на 30 м, а половы и сбины на 20 м в сарай или на скирду служит эксгаустер, представляющий собой отдельный приставной агрегат.

Удельные расходы электроэнергии (квт·ч/т) на обмолот следующие:

пшеница	6,6—8,5	овес	5,6—8,0
рожь	6,2—10,0	ячмень	4,8—7,0

В связи с разработкой трехфазного способа уборки зерновых культур, при котором скошенная и изрезанная уборочными машинами хлебная масса для обмолота и разделения на фракции доставляется на молотильный ток, стационарная молотья вновь может приобрести большое значение.

3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

В парниках и теплицах электрическая энергия применяется для обогрева почвы и воздуха, для подогрева поливной воды, привода насосов, вентиляторов, а также для привода различных машин и механизмов, используемых для перебивки почвы и биотоплива, изготовления торфоперегнойных горшочков и кубиков и т. д.

При использовании электрической энергии в закрытом грунте широко должна применяться автоматизация процессов и в первую очередь автоматическое регулирование температуры и влажности почвы и воздуха, автоматическое управление искусственным освещением в теплицах и т. д.

Для контроля и автоматического регулирования температуры и влажности почвы и воздуха в теплицах, а также для управления освещенностью в них Центральным опытно-конструкторским бюро приборостроения разработана электрическая установка КАР-2— комплект автоматических регуляторов.

Автоматическое регулирование осуществляется путем управления системами отопления, вентиляции, освещения, водополива и почвенного обогрева. Потребляемая мощность установки около 300 *вт*. КАР-2 можно регулировать температуру почвы и воздуха в пределах от 0 до 60°, влажность почвы от 40 до 98% с точностью регулирования по температуре $\pm 3^\circ \text{C}$ и по влажности $\pm 5\%$.

При выращивании овощей в закрытом грунте весьма значительны затраты на обогрев парников и теплиц. Большие половины себестоимости продукции составляют расходы на обогрев. Поэтому особое значение в экономике закрытого грунта имеет вопрос об использовании тепловых отходов промышленности, на базе которых строятся крупные теплично-парниковые комбинаты с площадью закрытого грунта, измеряемой десятками гектаров. Например, Московский нефтеперерабатывающий завод совместно с прилегающими к нему колхозами и совхозами построил теплично-парниковые комбинаты площадью свыше 100 тыс. м² теплиц, 30 тыс. парниковых рам и несколько гектаров утепленного грунта.

При использовании тепловых отходов в виде пара или воды с температурой 90—95° строится небольшая бойлерная установка, откуда горячая вода распределяется по теплицам. Сами теплицы обогреваются стальными трубами диаметром 70—100 мм. При температуре воды 90—95° на 1 м² площади теплицы требуется 0,8 м³ нагреваемой поверхности труб. При диаметре труб 76 мм это составит около 3,3 м труб на 1 м² площади теплицы. При более низкой температуре потребность в трубах сильно возрастает. Например, при температуре воды 60° она удваивается.

В районах, обеспеченных недорогой электроэнергией, в закрытом грунте применяются следующие способы электрообогрева: кабельный, голим проводом, элементный и элементно-электродный.

Для кабельного электрообогрева парников выпускаются нагревательные кабели специальной конструкции (рис. 231) с проводниковой жилой из никелина с сопротивлением 0,5—1 ом на 1 пог. м и допустимой нагрузкой на 1 пог. м 20—40 *вт*.

На рисунке 232 показано устройство парника с кабельным обогревом. Под почвенным слоем, а также по боковым сторонам делают засыпку из шлака, которая уменьшает потери тепла в нижние слои грунта и в стороны. В слое песка толщиной 5—10 см, насыпанного на шлак, размещается

нагревательный кабель. Песок воспринимает и аккумулирует выделяемое кабелем тепло, передавая его лежащему выше почвенному слою.

Участки кабеля, укрепленные на парубнях, нагревают воздух парника. Протяженность участков для обогрева почвы в парнике обычно берется в $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше протяженности кабеля для подогрева воздуха.

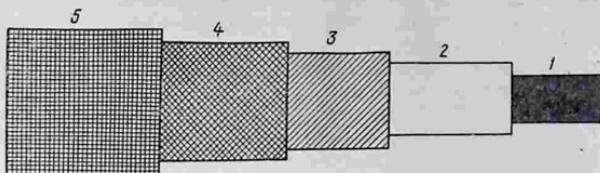


Рис. 231. Конструкция нагревательного кабеля:
1 — проводник; 2 — термостойкая изоляция; 3 — влагостойкий покров;
4 — защитная оболочка; 5 — защитная оплетка.

Кабельный способ обогрева является самым безопасным, так как при замыкании жилы кабеля на оболочку кабель перегорает.

Чтобы регулировать мощность нагревателей, кабель в парнике закладывают отдельными отрезками, которые можно соединять между собой последовательно, параллельно или смешанно (рис. 233), а при трехфазной системе питания нагреватели можно соединить в звезду или в треугольник (рис. 234).

При автоматическом регулировании температуры нагрева в качестве датчиков используются контактные термометры и биметаллические термо-

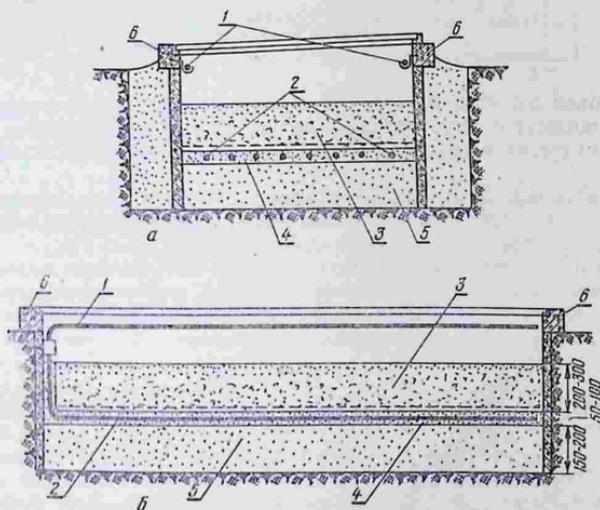


Рис. 232. Разрез парника с нагревательным кабелем:
а — поперечный; б — продольный; 1 — воздушный нагревательный кабель; 2 — почвенный нагревательный кабель; 3 — слой почвы;
4 — слой песка; 5 — слой шлака; 6 — железобетонные парубки парника.

регуляторы, которые воздействуют через промежуточное реле на отключающие аппараты, например магнитные пускатели. При автоматическом регулировании расход электроэнергии снижается на 40%.

Нагревательный кабель применяется также и при обогреве теплиц. В теплицах застекленная поверхность в несколько раз больше площади

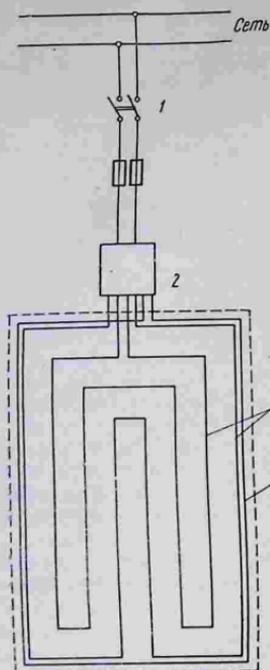


Рис. 233. Электрическая схема парника с нагревательным кабелем:

1 — рубильник; 2 — переключатель для параллельного и последовательного включения отдельных цепей кабеля; 3 — две параллельные цепи кабеля для обогрева почвы; 4 — цепь кабеля для обогрева воздуха.

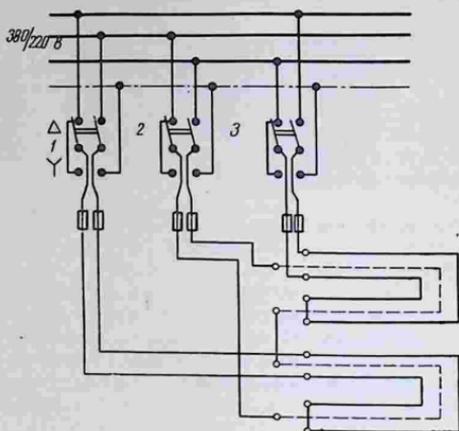


Рис. 234. Электрическая схема обогрева теплиц от сети с возможностью включения нагревателей в звезду и треугольник:

1 и 3 — переключатели воздушного обогрева одинаковых секций; 2 — переключатель почвенного обогрева двойной секции.

земли и объем воздуха, отнесенный к квадратному метру теплицы, в 10—15 раз превышает соответствующий объем воздуха для парника.

В связи с этим в теплицах обычно устраивают электрообогрев и почвы, и воздуха.

В зависимости от наружной температуры могут быть включены либо только почвенные нагревательные элементы, либо только воздушные, либо те и другие вместе.

Чтобы определить длину нагревательного кабеля, надо знать, сколько нужно теплице или парнику тепловой энергии, чтобы поддержать температуру, необходимую для выращиваемой культуры. Для этого определяется мощность нагревателей по формуле:

$$P = \omega F (t_1^{\circ} - t_2^{\circ}) \text{ ат},$$

где ω — удельная теплоотдача с 1 м² застекленной поверхности (ат) при разности внешней и внутренней температур 1° (для ориентировочных расчетов ω принимается равной 4—6 ат/м²);

F — застекленная поверхность парника или теплицы (м²);

t_1° — оптимальная температура внутри парника или теплицы для данной культуры (град);

t_2° — средняя температура наиболее холодного месяца за время работы парников или теплицы (град).

Определив мощность нагревателей и зная удельную нагрузку на 1 пог·м электрического нагревательного кабеля, можно подсчитать длину нагревательного кабеля по формуле:

$$L = \frac{P}{p} \text{ м},$$

где p — удельная нагрузка на погонный метр кабеля (ат/м).

Кроме кабельного обогрева, применяется электрообогрев парников с помощью голый стальной оцинкованной проволоки при безопасном напряжении. Электропитание осуществляется от специальных понизительных трансформаторов с вторичным напряжением 20—40 в. Проволоку в парнике укладывают петлями. Удельную мощность на погонный метр проволоки принимают в 20—30 вт при диаметре проволоки от 1,8 до 4 мм.

При этой удельной нагрузке на 1 м² площади парника требуется 6—8 пог. м проволоки.

При элементно-электродном способе обогрева почвы, показанном на рисунке 235, в слое песка зигзагообразно размещают нагреватель в виде стальной оцинкованной проволоки диаметром 3—4 мм и длиной 165—170 м на парник. Проволоку присоединяют к сети напряжением 220 в.

Для безопасности в почвенном слое монтируют экранирующее устройство, присоединяемое к нулевому проводу. Это устройство состоит из ряда

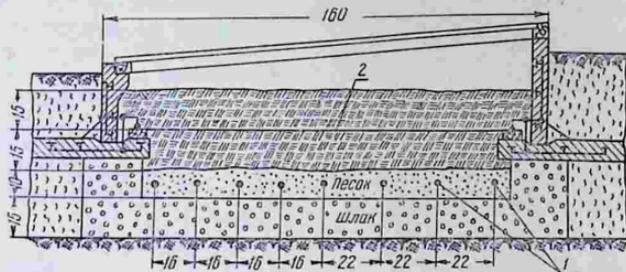


Рис. 235. Поперечный разрез парника с элементно-электродным электрообогревом:

1 — нагревательные элементы; 2 — экранирующая сетка.

стальных параллельно натянутых проволок диаметром 1,5—2 мм, расположенных поперек парника.

Проволоки присоединены скруткой и пайкой к двум продольным стальным проводам диаметром 3—4 мм, проложенным вдоль парубней парника.

Экранирующее устройство исключает появление опасных для людей и животных напряжений.

Изложенный способ сочетает в себе принципы элементного и электродного способов обогрева.

При сухой почве электрообогрев происходит преимущественно по элементному способу, а при влажной — по электродному.

Для обеспечения безопасности людей необходимо во время проведения сельскохозяйственных работ отключать электропарники от сети и поручать обслуживание электроустановок только квалифицированным электромонтерам, хорошо знающим установку и правила безопасности.

Длительное и бесменное использование почвы в закрытом грунте приводит к накоплению в ней вредных микроорганизмов, которые снижают, а иногда и полностью уничтожают урожай. Замена почвы в теплицах и парниках требует больших затрат труда и средств, поэтому разработка рациональных приемов оздоровления почвы для удлинения сроков бесменного ее использования имеет большое значение.

Одним из способов обеззараживания почвы является электростерилизация, то есть нагрев ее электрическим током до 90—95°.

Электростерилизация может быть выполнена как элементным, так и электродным способом. В обоих случаях предусматривают прогрев почвы порциями в закрытых утепленных ящиках-стерилизаторах. Утепление ящика уменьшает теплопотери. Процесс стерилизации связан с погрузкой почвы

в ящики и выгрузкой ее. Попытки стерилизовать почву без ее перегрузки не дали положительных результатов вследствие больших потерь электроэнергии.

При элементном способе в почву помещают надежно изолированные от земли нагреватели, от которых почва прогревается и стерилизуется.

При электродном способе электрический ток пропускают через стерилизуемую почву от электрода к электроду.

Почва по свойствам проводимости приближается к проводникам второго рода, то есть с повышением ее температуры увеличивается проводимость, снижается сопротивление, а вместе с этим повышаются ток и мощность нагрева. При достижении температуры $95-98^{\circ}$ резко уменьшаются ток и мощность почти до нуля, что объясняется быстрым ростом удельного сопротивления у электродов вследствие высыхания около них почвы.

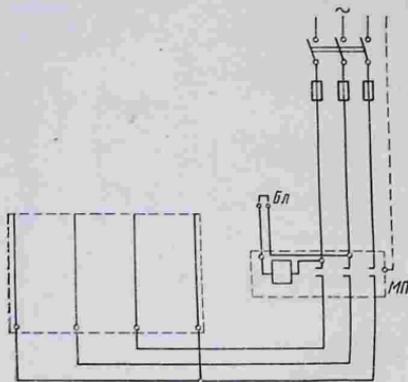


Рис. 236. Схема включения электродного стерилизатора почвы.

Электродный стерилизатор, созданный на кафедре электрификации сельскохозяйственного производства ТСХА (автор Л. Г. Прищеп), представляет собой ящик размером $750 \times 390 \times 305$ мм с теплоизоляцией из толя. Пластичатые электроды из оцинкованного железа расположены так, что делят ящик на три секции.

Крайние пластины соединены между собой и включены на одну фазу, две средние пластины — на две другие фазы с линейным напряжением 220 в (рис. 236).

На крышке ящика-стерилизатора выполнена блокировка-перемычка в штепсельной вилке, которая входит в штепсельные

гнезда и замыкает цепь катушки магнитного пускателя. Такая блокировка не позволяет включить магнитный пускатель, то есть подать напряжение на электроды, когда крышка ящика открыта.

Кожух магнитного пускателя необходимо заземлять. Для уменьшения расхода электроэнергии почву, загружаемую в ящик, уплотняют и около электродов смачивают водой.

В начале процесса стерилизации потребляемая мощность при влажности парниковой почвы 30—35% составляет около 3 *квт*, а затем она постепенно растет и достигает 11 *квт* в момент максимального разогрева. Значительные колебания мощности являются основным недостатком электродного стерилизатора. Процесс стерилизации заканчивается, когда температура почвы достигает $95-98^{\circ}$.

Стерилизатор можно легко наклонять на бок, что облегчает выгрузку из него простерилизованной почвы.

Элементный стерилизатор отличается от электродного тем, что в нем вместо электродов смонтированы нагревательные элементы в виде спиралей мощностью 300—350 *вт*, размещенных в металлических трубах.

Нагревательные спирали обычно изготавливают с керамической изоляцией, что удлиняет период их работы и обеспечивает безопасность для обслуживающего персонала. У элементного стерилизатора потребляемая мощность одинакова в течение всего периода стерилизации.

Расход энергии одинаков у обоих способов стерилизации и составляет 40—45 *квт·ч* на 1 m^3 почвы.

Для получения высоких и более ранних урожаев овощных культур широко применяются торфоперегнойные горшочки. На 1 *га* необходимо

иметь горшочков с капустной рассадой около 50 тыс. штук, а с огуречной до 100 тыс. штук.

Крупное овощеводческое хозяйство, например совхоз имени Горького Московской области, за один сезон расходует более 3 млн. горшочков.

Механизированное изготовление торфоперегнойных кубиков в крупных овощеводческих хозяйствах осуществляется на специальных станках. Вибрационный горшочкоделатель ГДВ-44 штампует питательные кубики непосредственно в парниках. Станок работает от электродвигателя-вибратора мощностью 0,5 *квт* с рабочим напряжением 220/380 *в*. Энергия от сети к двигателю подается кабелем длиной 60 м. Вес станка 33 кг. За час работы можно изготовить 21 тыс. кубиков размерами 6 × 6 × 6 или 8 × 8 × 8 см. Обслуживают станок два человека.

Для борьбы с вредителями изготавливается опрыскиватель ОЗГ-120 для закрытого грунта. Опрыскиватель можно использовать для внекорневой подкормки растений, для дезинфекции помещений закрытого грунта и т. п. Основные узлы опрыскивателя: бак на 120 л с механической мешалкой, двухцилиндровый компрессор с приводным электродвигателем в 1 *квт*. Электроконтактный манометр выключает приводной электродвигатель при достижении давления в баке-смесителе выше нормы и включает двигатель при снижении давления.

В условиях закрытого грунта электродвигатели находят применение также при перебивке почвы, выгрузке и загрузке ее в теплицы и парники, а также для привода грохотов, просеивателей, смесителей, транспортеров ленточного и скребкового типа (табл. 71).

Электродвигатели могут быть также использованы для привода системы открытия форточек в теплицах, установок воздушного (калориферного) обогрева теплиц, транспортных тележек, почвообрабатывающих машин и для привода насосов при подаче питательных растворов к растениям, выращиваемым без почвы, то есть гидропонным способом.

ТАБЛИЦА 71

Данные по некоторым установкам с электроприводом для закрытого грунта

Наименование и марка машин	Производительность	Потребная мощность (<i>квт</i>)	Обслуживает (чел.)
Опрыскиватель ОЗГ-120	265 м ² /ч	1,0	2
Насосная передвижная станция НСП-960 для полива и подкормки растений	428 м ² /ч	2,8	2
Грохот для просева парниковой земли и перегной ГНТ-30	14 м ³ /ч	1,7	3
Погрузчик парниковый самоходный ППС-1,2 для очистки и набивки парников и теплиц	35 м ³ /ч	7,0	3
Фреза самоходная ФС-0,7 для обработки почвы в теплицах, парниках и парниковых участках	230 м ² /ч	2,8	1
Электромотыга ЭМ-12 для рыхления почвы	116 м ² /ч	0,24	1

Транспортный грохот ГНТ-30 представляет собой передвижной пятиметровый ленточный транспортер с навешенным на конце битерным устройством. Битер состоит из десяти квадратных валов с треугольными билами-ножами. Валы, соединенные попарно цепными передачами, вращаясь от электродвигателя, обеспечивают просев парниковой земли. Производительность труда повышается в 2,5 раза.

Парниковый самоходный погрузчик ППС-1,2 имеет ширину захвата 1,2 м, скорость передвижения 0,14 км/ч.

Основные узлы машины: элеватор со шнековым питателем, механизм подъема элеватора, поперечный транспортер и шкаф с электрооборудованием.

Горизонтальный шнековый питатель, вращаясь, захватывает навоз, торф или компосты и забрасывает на непрерывно движущийся вверх ковшевый элеватор. Из ковшевой погрузаемая масса поступает на боковой транспортер, а с него — на транспортные средства. Рабочие узлы машины приводятся в движение от электродвигателя.

Самоходная электрофреза ФС-7, предназначенная для обработки почвы в теплицах, парниках и припарниковых участках, имеет рабочую скорость 0,9 км/ч при ширине захвата 0,7 м и глубине обработки почвы до 22 см. Парник обрабатывают за два прохода в направлении туда и обратно. Фрезерный барабан может иметь 16 или 32 ножа. Электродвига-

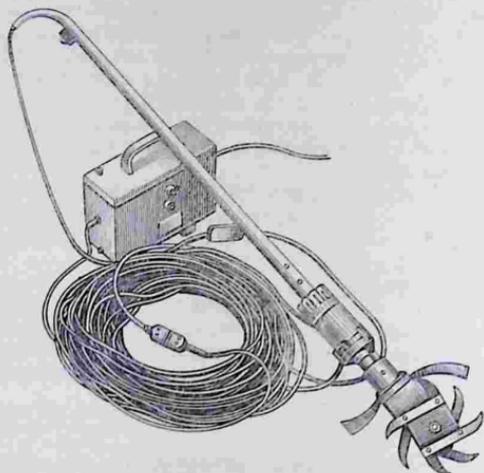


Рис. 237. Электромотыга ЭМ-12.

тель мощностью 2,8 *квт* получает питание через токоподводящий гибкий кабель длиной 75 м. По сравнению с работой вручную производительность труда увеличивается в 7—8 раз.

Электромотыга ЭМ-12 (рис. 237) предназначена для сплошной обработки почвы и ее рыхления между растениями. Однофазный электродвигатель мощностью 24 *вт* с рабочим напряжением 36 *в* приводит во вращение рабочий орган мотыги в виде ножевого ротора с режущими лезвиями.

Двигатель получает питание от сети через трансформатор 220/36 *в* и кабель длиной 75 м.

Оборудование для теплиц ОБВ-6 при выращивании овощей на искусственной среде предназначено для автоматического пополнения и подачи к растениям питательного раствора в грунтовых или стеллажных теплицах площадью 2000 м². Оборудование, состоящее из двух баков по 500 л с фильтрами и механическими мешалками для приготовления и хранения концентрированных растворов, макро- и микроэлементов с электропомпами, поплавковыми и электромагнитными клапанами и терморегулятором, работает от сети напряжением 220/380 *в*.

Шкаф для автоматического управления механизмами с программными часами, пусковой, предохранительной и сигнальной электроаппаратурой обеспечивает последовательное заполнение раствором всех шести стеллажей, а затем и сток неиспользованного раствора из стеллажей в резервуар.

4. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Орошать крупные площади зерновых, технических и специальных культур немеханизированным способом невозможно, так как это требует огромных затрат рабочей силы.

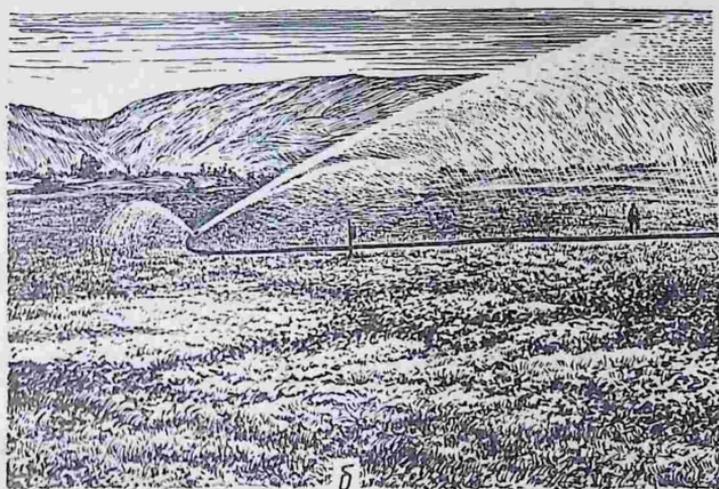
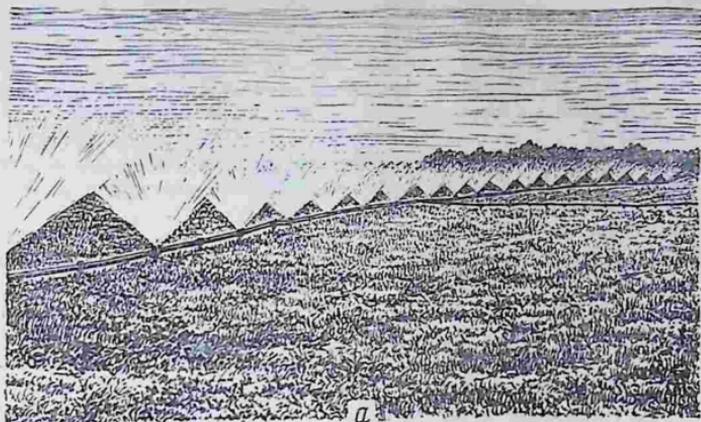


Рис. 238. Дождевальные установки в действии:
а — дождевальное крыло с распылителями; б — дальнеструйный дождеватель в действии.

Орошение на базе электрической энергии приносит колхозам и совхозам существенные экономические выгоды и прежде всего резко увеличивает производительность труда.

Затраты на устройство электроорошения быстро окупаются, а себестоимость получаемой продукции с поливных участков ниже, чем с неполивных.

Затраты труда на доставку в поле и распределение 1 м^3 воды при немеханизированном поливе (подвоз на лошадях) составляют 8 чел.-ч, тогда как при электрической механизации эти затраты составляют всего 0,08 чел.-ч/ м^3 .

Искусственное орошение обычно ведется двумя способами: самотечным, когда вода подается на высшую точку орошаемой площади и оттуда самотечком направляется на отдельные участки поля, и дождеванием, когда вода под напором разбрызгивается по полю специальными дождевальными установками (рис. 238).

Основные преимущества орошения способом дождевания перед самотечным следующие: более рационально расходуется вода, объем планировочных работ меньше и отсутствуют ежегодные работы по постройке мельчайшей сети, мешающей механизации обработки почвы и уборки урожая, нет заболачивания или засоления почвы, лучше можно регулировать увлажнение почвы и меньше требуется рабочей силы.

В настоящее время орошение дождеванием применяется преимущественно при поливе овощных и плодово-ягодных культур, но этот способ в ближайшее время найдет более широкое применение при орошении технических и специальных культур.

Из выпускаемых отечественной промышленностью насосов наиболее подходящими для орошения являются одноколесные центробежные насосы, общие данные по некоторым из них приведены в таблице 72.

ТАБЛИЦА 72

Характеристика центробежных насосов

Марка насоса	Производительность (м ³ /ч)	Полный напор (м)	Число оборотов в минуту	Потребная мощность двигателя (квт)	Коэффициент полезного действия (%)
6К-8	30,6—52,8	36,5—31	1450	28	76,5
6К-12	30,6—55,6	22,7—17,1	1450	14	81,0
8К-12	61,4—94,5	32—25,4	1450	40	82,5
8К-18	61—100	29,7—15	1450	28	83,5
4НДв	35—50	94—84	2950	55—75	70,0
5НДв	42—70	40—31	1450	28—40	70,0
6НДв	70—100	54—46	1450	55—75	76,0
8НДв	150—200	94—89	1450	195—240	80,0
6Д-6	34—57	87—68	2900	55—75	74,0
8Д-9	60—95	78—60	2900	75	81,5
10Д-6	111—167	70—67	1450	135	76,5
10Д-9	102—165	43—34	1450	75	83,0

Эти насосы рассчитаны на большое число оборотов в минуту и приводятся от электрических двигателей, поэтому для орошения удобнее применять электронасосные станции (рис. 239).

Перед пуском электронасосного агрегата насос заливают водой через специальное отверстие в корпусе. В момент заливки задвижка «Лудло» должна быть открыта, а после заливки, перед пуском, ее необходимо закрыть. Когда вал насоса начнет вращаться, задвижку открывают. Ею регулируют подачу воды и напор. Перед выключением двигателя задвижку постепенно закрывают.

Для орошения в СССР создано несколько образцов дождевальных машин, работающих в движении, из них двухколесный дождевальный агрегат ДДА-100М (рис. 240) предназначается для полива сельскохозяйственных культур на участках более 100 га.

Дождевальная система у двухколесного агрегата состоит из насосной станции, приводимой в движение от двигателя трактора, открытой оросительной сети и двух дождевальных крыльев длиной 111 м, смонтированных на тракторе.

Насос агрегата 3К-12 при затрате мощности двигателя 52 л. с. обеспечивает расход 100 л/сек и напор воды до 25 м.

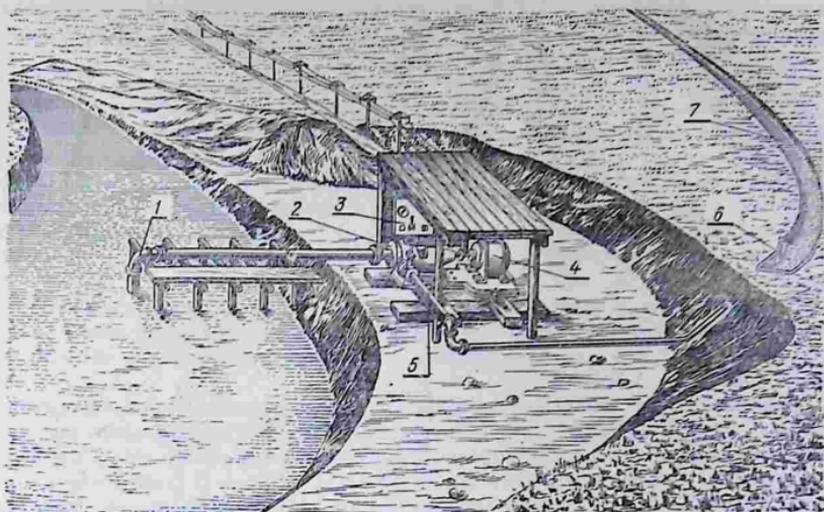


Рис. 239. Электронасосная станция для орошения:

- 1 — всасывающий трубопровод; 2 — насос; 3 — шпиг управления; 4 — электродвигатель; 5 — напорный трубопровод; 6 — водовыпускное устройство; 7 — магистральный канал.

Агрегат передвигается вдоль оросительного канала между двумя шлюзиками вперед и назад. Число проходов зависит от нормы полива. За один проход агрегат дает слой осадков в 3 мм, так что число проходов будет равно норме полива, выраженной в миллиметрах, деленной на 3.

Машина в движении забирает воду из открытых каналов (оросителей) и затем распыляет в виде дождя. В агрегате 51 разбрызгиватель. Эти разбрызгиватели присоединены к трубам фермы. Дождем машина покрывает полосу размером 120 м по фронту и 16 м в глубину, то есть 2000 м².

Для забора воды агрегат снабжен всасывающим рукавом и механизмом специального устройства, степень погружения которого в ороситель

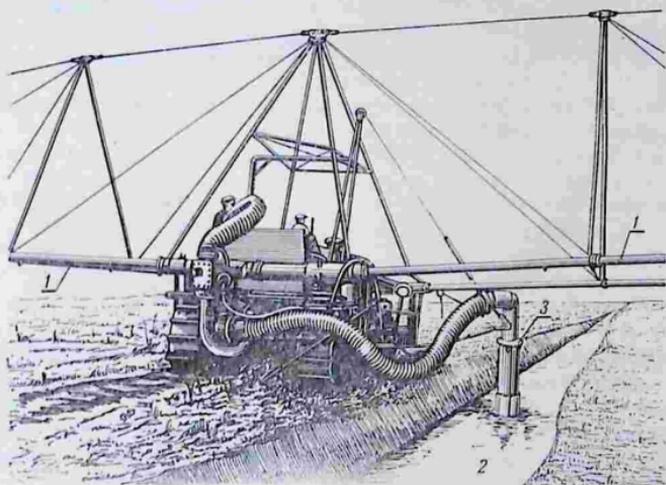


Рис. 240. Двухконсольный дождевальная агрегат ДДА-100М при заборе воды из оросителя во время движения:

- 1 — дождевальные крылья; 2 — оросительный канал; 3 — всасывающий рукав.

регулируется автоматически. Этими агрегатами можно проводить оросительные и проливные поливы, поливы при посадке рассады или для ускорения всходов, а также для борьбы с сухолодами.

Рабочее устройство двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100 является электрифицированным двухконсольным дождевальным агрегатом ЭТ-5-30, разработанной Днепропетровской опытно-мелиоративной станцией ВАСХНИЛ. Устройство состоит из самоходной тележки с насосно-силовой частью, движимого двухконсольного крыла и двух приводных электромашин с гибкой тягой к ним гибким кабелем. В агрегате применено насосное устройство типа ЗМЗ-3, у которого вместо теплового двигателя установлен электрический двигатель мощностью 2,8 квт на 1450 об/мин, напряжением 220/380 в.

Насосно-силовая часть состоит из электродвигателя мощностью 13 квт и напряжением 220/380 в, с которым непосредственно соединен насос марки ЭК-8 со шкивом 17 м и расход воды 30 л/сек. Длина кабеля 500 м, что обеспечивает длину троса 1000 м.

Сравнительная технико-экономические показатели некоторых дождевальных установок приведены в приложении 16. Двухконсольные машины значительно превосходят другие дождевальные установки, так как их суммарный расход воды достигает до 80—120 л, что в 3 раза больше, чем расход в других дождевальных установках; одновременно с этим в несколько раз уменьшаются затраты труда, и благодаря близкому расположению короткохвостых насосов машины могут работать при сильном ветре без значительного ухудшения качества дождя.

5. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПОЛЕВЫХ МОБИЛЬНЫХ РАБОТ

Первые опыты по созданию машины для электрификации полевых работ начались по прямому указанию Владимира Ильича Ленина. В 1921 г. Балтийским судостроительным заводом в Петрограде были изготовлены первые 20 электронахотных агрегатов канатной тяги.

В период 1922—1925 гг. агрегатами вспахано было около 1,5 тыс. га. Мощность электродвигателя на каждой лебедке была 55 квт при рабочем напряжении 2000 в.

За многие годы опытной эксплуатации было установлено, что электролебедки канатной тяги могут быть эффективно использованы для глубокой плантажной вспашки и в условиях горного земледелия.

Одновременно создавались электрические тракторы. В 1937 г. был создан электротрактор на базе трактора ЧТЗ-60 мощностью 48 квт на рабочем напряжении 500 в с длиной кабеля 750 м.

В 1948 г. был разработан электротрактор с рабочим напряжением 1000 в, что позволило уменьшить в $2\frac{1}{2}$ раза сечение жил кабеля и на 30% сократить расход каучука.

По этому образцу затем была изготовлена опытная партия электрических тракторных агрегатов ЭТ-5.

За 6 лет эксплуатации (1949—1954) электротракторы ЭТ-5 выполнили различных полевых работ в переводе на мягкую пахоту свыше 420 тыс. га.

Питание двигателя энергией обеспечивалось гибким кабелем, соединяющим электротрактор с высоковольтной линией через трансформаторную подстанцию.

По сравнению с электролебедочной системой канатной тяги электротрактор оказался более гибкой, универсальной и с большей маневровоспособностью машины.

Электротрактор может выполнять все полевые работы, которые выполняются трактором с тепловым двигателем по вспашке и обработке почвы, а также посеву сельскохозяйственных культур.



Рис. 241. Схема питания электрофрезы:
 1 — электрофреза; 2 — кабель; 3 — телескопическая мачта; 4 — лебедка для подъема мачты.

Возможны три способа электроснабжения электродвигателя на движущейся машине в полевых условиях: а) аккумуляторный, б) троллейный, в) кабельный.

Аккумуляторный способ питания в принципе является идеальным решением вопроса электроснабжения. Электротрактор, имея при себе источник энергии, обладает полной свободой движения вместо неизбежной при других способах питания постоянной проводниковой связи с неподвижным источником электроэнергии. Для аккумуляторного электротрактора необходим химический источник тока с большой удельной энергоемкостью.

Современные кислотные и щелочные аккумуляторы имеют совершенно недостаточную удельную энергоемкость. Необходимо техническое усовершенствование современных аккумуляторов в части увеличения их удельной энергоемкости, а также создание новых, более совершенных и легких типов аккумуляторов.

При троллейном способе питания электродвигатель получает питание от голого провода через скользящий или катящийся по нему контакт в виде

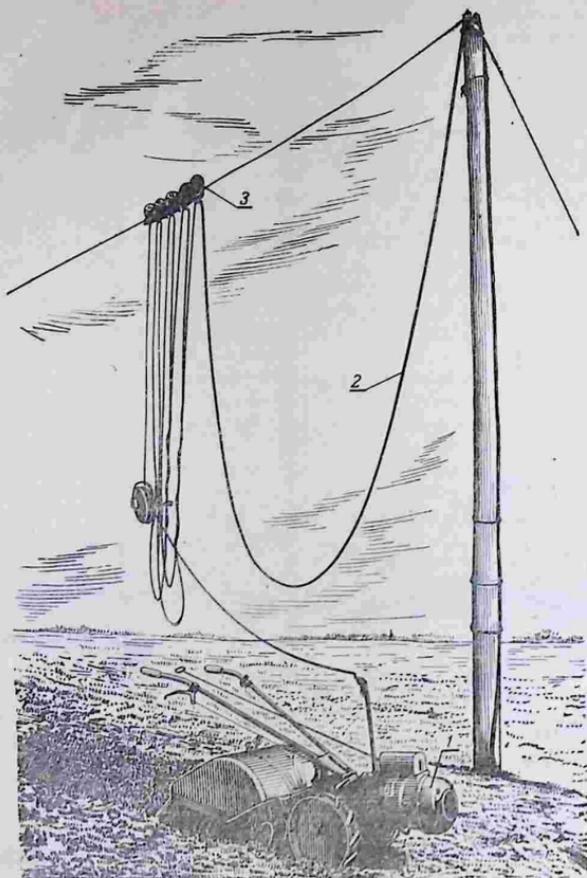


Рис. 242. Схема кабельного питания с использованием многократного подвеса:

1 — электродвигатель; 2 — кабель; 3 — полисасть.

ролика, дуги, тележки и пр. Электротрактор, двигаясь параллельно пита- тельному проводу, обрабатывает участок.

Кабельный способ питания применен в большинстве осуществленных конструкций электротракторов. Принципиально отличных схем кабельного питания может быть две.

Схема, при которой кабель находится в воздухе во взвешенном по- ложении, может найти применение при обработке виноградников, чайных пла- таций, citrusовых насаждений и т. д. Возможно несколько вариантов решения по этой схеме.

На рисунке 241 приведена схема питания электрофрезы с помощью под- вешенного на телескопической мачте кабеля.

На рисунке 242 приведена схема питания электротрактора с приме- нением многократного подвеса.

При другой схеме кабельного питания подвижный токоприемник, напри- мер электротрактор, получает электроэнергию от сети (непосредственно

или через понизительную трансформаторную подстанцию) гибким кабелем, который последовательно разматывается и наматывается на барабан, расположенный на тракторе, или размещается в бункере. Эта схема является наиболее проверенной.

На рисунке 243 показан электротрактор, питающийся энергией от передвижной трансформаторной подстанции (рис. 244). К электротрактору разработан пятикорпусный оборотный плуг, позволяющий проводить вспашку без свальных гребней и развальных борозд.

Электротракторы работают на поле от электрической высоковольтной линии напряжением 6 или 10 кв. Высокое напряжение сети снижается

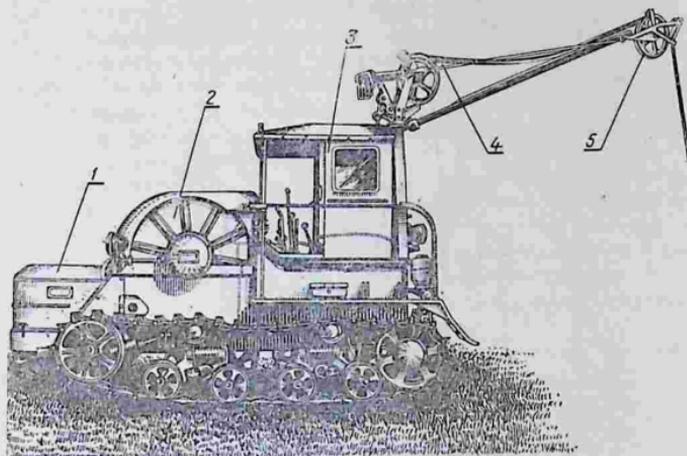


Рис. 243. Электротрактор:

1 — капот электродвигателя; 2 — кабельный барабан; 3 — кабина водителя;
4 — кабель; 5 — кабеленеприемная стрела.

до рабочего 1000—1200 в трансформаторной передвижной подстанцией. Подстанция включается в высоковольтную линию под напряжением выдвигаемым токосъемником в любой точке.

Высоковольтные питательные электролинии располагают на поле одну от другой на расстоянии, почти в 2 раза большем, чем длина питающего кабеля.

Электротрактор, двигаясь перпендикулярно к линии, последовательно обрабатывает участок.

При удалении электротрактора от линии кабель разматывается с барабана и ложится на землю за прицепными орудиями. При возвращении к линии кабель дополнительным электродвигателем и натяжной муфтой наматывается на барабан.

Электротракторная обработка полей получила высокую оценку как со стороны агрономов, так и со стороны колхозников.

После обработки участка в 15—40 га электротрактор вместе с передвижной подстанцией (соседним электротрактором) перевозят на следующий, подлежащий обработке участок поля.

Для пуска в ход основного и вспомогательного электродвигателей, а также их выключения нажимают соответствующие кнопки, находящиеся на щите управления в кабине водителя.

Электротракторы и электрокомбайны доказали полную техническую возможность выполнения полевых работ с использованием электрической энергии, однако в сравнении с дизельными агрегатами они оказались менее маневренными и менее экономичными.

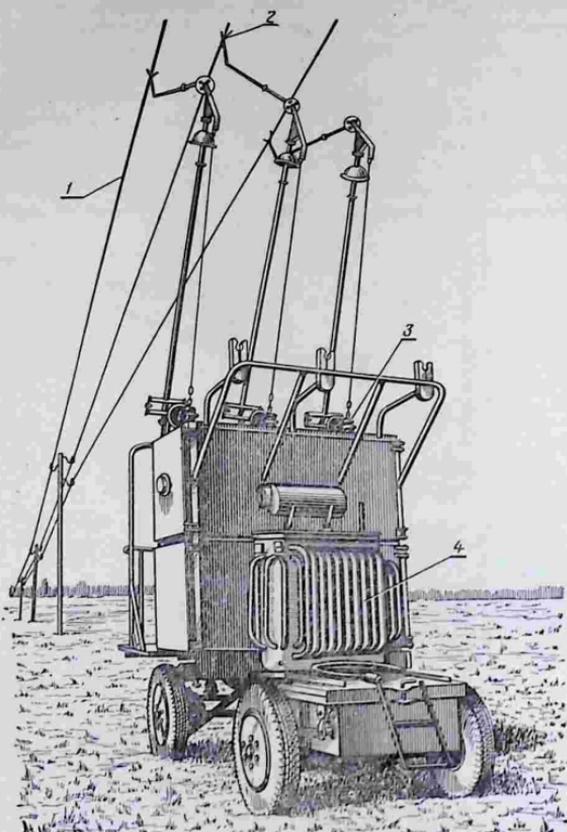


Рис. 244. Передвижная трансформаторная понизительная подстанция к электротрактору:

1 — высоковольтная (10 кВ) электролиния; 2 — токосъемник,
3 — высоковольтные вводы; 4 — понижающий трансформатор
ТМ 10/1,2 кВ.

В настоящее время научно-экспериментальные работы в области электрификации полеводства направлены на создание таких электроагрегатов, которые были бы не менее совершенны, чем дизельные агрегаты, и более экономичны.

В современных сложных сельскохозяйственных передвижных машинах и агрегатах рабочие органы, расположенные в различных плоскостях и на различных расстояниях друг от друга, приводятся в действие от одного общего двигателя внутреннего сгорания через вал отбора мощности и механическую трансмиссию, состоящую из многочисленных зубчатых и ременных передач, карданных валов и других элементов.

Механическая передача в ряде сельскохозяйственных машин очень громоздкая и тяжелая.

В сложных сельскохозяйственных машинах, выполняющих комплекс работ, в частности в комбайнах, убирающих зерно, свеклу, картофель, хлопок и другие культуры, во многих случаях целесообразно применять многодвигательный электропривод. В таких агрегатах основные рабочие органы

или узлы машины приводятся в движение отдельными электродвигателями. В этом направлении открываются возможности создания новых машин и агрегатов с более глубоким внедрением электроэнергии в технологию сельскохозяйственных процессов.

Такие агрегаты, получившие название агрегатов с электрической трансмиссией, в простейшей схеме могут быть представлены так: на тракторе или самоходном шасси устанавливается электрогенератор, приводимый в движение от основного двигателя трактора или самоходного шасси. Для привода отдельных узлов и рабочих органов машин устанавливаются электродвигатели, которые питаются энергией от этого генератора с помощью небольших отрезков гибкого кабеля, то есть энергия в агрегате распределяется не механическими, а электрическими способами.

Замена механической трансмиссии электрической, как показал опыт эксплуатации опытных образцов, выявила серьезные преимущества последней, а именно: сокращение обслуживающего персонала, повышение эксплуатационной надежности, следовательно, увеличение производительности агрегата, а также возможность автоматизации контроля, управления и регулирования отдельных органов агрегата.

Сочетание в агрегате с электрической трансмиссией двигателя внутреннего сгорания как первичного основного тягового двигателя и электрических двигателей у исполнительных органов рабочей машины позволяет создать агрегат неограниченной свободы передвижения и в то же время с наиболее рациональной схемой распределения энергии, использующей все преимущества электрической энергии в исполнительных механизмах рабочей машины.

Работами, выполненными за последние годы научно-исследовательскими институтами и СКБ заводов в нашей стране, доказана техническая возможность и практическая целесообразность применения электрических трансмиссий в виде многодвигательного электрического привода на сложных рабочих агрегатах, что видно из приводимых ниже примеров.

После перевода на электропривод полунавесной семибрусной косилки КЭ-14 (работа ВНИИМЭСХ) ее производительность повысилась в 2 раза по сравнению с аналогичной косилкой с механической трансмиссией КН-14 Люберецкого завода. Вес электрифицированной машины, отнесенный к метру ширины захвата, составил 132 кг против 150 кг; коэффициент эксплуатационной надежности возрос до 0,94 против 0,65 и т. д. Для обслуживания агрегата требуются двое рабочих вместо троих. Себестоимость скашивания 1 га косилкой КЭ-14 оказалась в 1,3 раза ниже, чем косилкой КН-14.

Многодвигательный электропривод в этой машине, состоящий из семи короткозамкнутых асинхронных электродвигателей с общей установленной мощностью 13 квт, заменил механическую трансмиссию, состоящую из 25 валов, 15 шарнирных сочленений, 2 цепных передач, 17 цилиндрических и конических шестерен с общей длиной передачи около 18 м.

В 1960 г. ВИАЭС и СКБ завода «Сибсельмаш» был выпущен уборочный агрегат с электрической трансмиссией под маркой ЖЭАН-12 (рис. 245). Агрегат состоит из трактора ДТ-54 с генератором СГ25/6 и трех навесных жаток ЖН-4,0, размещенных (навешенных) спереди, справа и слева от трактора.

Агрегат ЖЭАН-12 предназначен для раздельной уборки зерновых с использованием его на длинных гонах не менее 1000 м и с укладкой срезанной хлебной массы в три рядка. Агрегат при испытаниях дал хорошие результаты.

Эффективность применения жатвенных электрифицированных агрегатов ВИАЭС, как показали испытания в 1957—1961 гг., выражается в следующем.

1. Уменьшается в 2—3 раза количество занятых на уборке тракторов вследствие доведения у трактора ДТ-54 ширины захвата уборочного агрегата до 12 м вместо обычных 4 м.

2. Производительность рядковых жаток повышается не менее чем на 20% благодаря большей их эксплуатационной надежности и самостоятельному обкосу углов.

3. Освобождаются два трактора и два тракториста в период уборки (на каждый строенный агрегат).

4. Сокращается объем ремонтных работ в результате замены ненадежных механических приводов рабочих органов электрическими.

5. Снижаются затраты нефтепродуктов на 1 га уборки не менее чем на 20% благодаря лучшей загрузке тракторов, повышению к. п. д. приводов рабочих органов на жатках, сокращению грузооборота и повышению рабочих ходов.

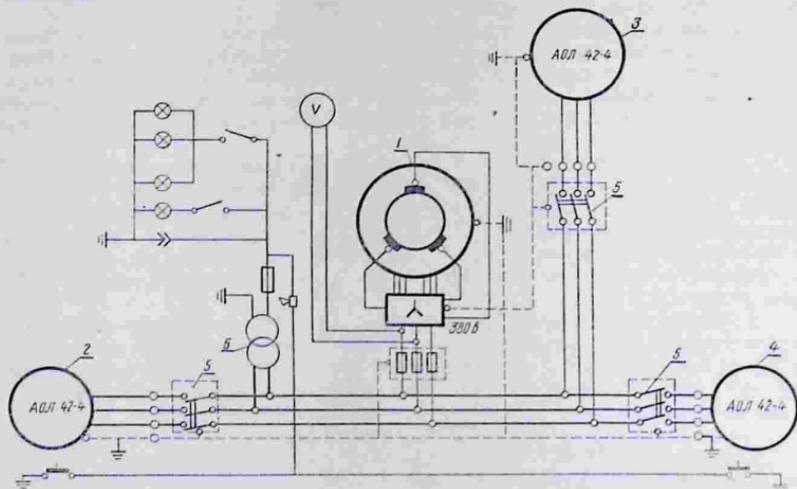


Рис. 245. Электрическая схема агрегата ЖЭАН-12:

1 — генератор СГ25/6; 2, 3, 4 — электродвигатели левой, передней и правой жаток; 5 — пускатели; 6 — трансформатор собственных нужд.

Наряду с эксплуатационной эффективностью применения жатвенных электрифицированных агрегатов необходимо отметить, что относительные затраты металла на жатвенном электрифицированном агрегате на 0,32 кг/га ниже, чем на агрегатах с механическими передачами.

При дальнейшей разработке агрегатов с электрическими трансмиссиями можно осуществить автоматическое бесступенчатое изменение скорости трактора, что создаст благоприятные условия работы на повышенных скоростях.

Генератор вместе с первичным двигателем на тракторе и электропривод с исполнительными механизмами необходимо рассматривать как единую взаимосвязанную систему машин. Только при правильном подборе параметров отдельных звеньев этой системы можно обеспечить требуемый режим работы электропривода.

Характерной особенностью автономных источников переменного тока является питание электроприводов от генератора соизмеримой мощности, поэтому необходимо особое внимание уделить вопросу стабильности напряжения и частоты на зажимах асинхронного двигателя, работающего в тяжелых режимах.

Основная задача современной техники — снижение удельного веса электрифицированных машин — становится особенно актуальной, когда машины применяются на движущихся полевых агрегатах.

Чтобы уменьшить габарит и общий вес электрической трансмиссии, следует использовать электропривод переменного тока повышенной частоты.

В растениеводстве преобладают мобильные полевые технологические процессы и транспортные операции, связанные с передвижением громадного количества тракторов, самоходных комбайнов, автомашин и т. д. с перекрытием ежегодно астрономических расстояний, если учесть, что каждый трактор в среднем за сезон проходит 5000—6000 км.

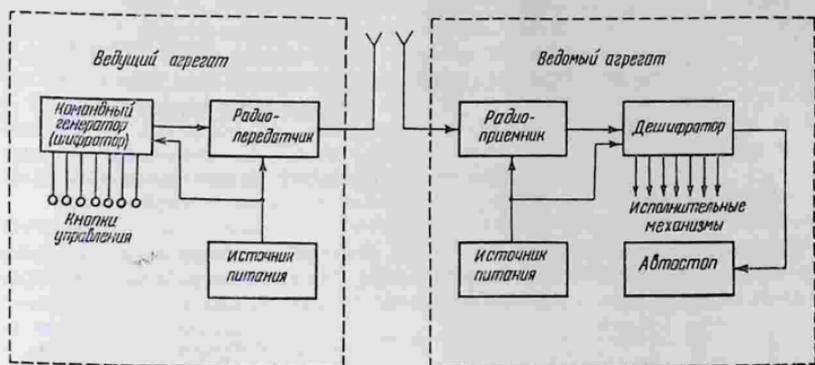


Рис. 246. Схема радиодублирного управления.

Автоматизация вождения полевых машин — важнейшая научная народнохозяйственная проблема, решение которой даже при реализации простейшей дублирной системы может резко повысить (на 70—80%) производительность труда водителей, а также увеличить точность движения агрегатов с улучшением агротехнических показателей.

На ближайшее время наиболее перспективной схемой автоматического вождения полевых агрегатов надо считать использование копирующих устройств (по типу устройств тов. Логина) в сочетании с установками дублирного управления, то есть управления одним водителем двумя агрегатами.

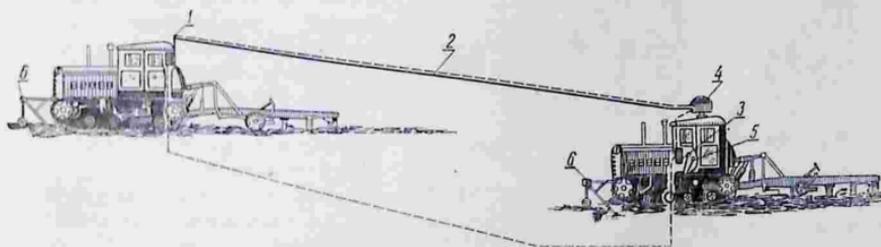


Рис. 247. Схема однопроводной установки для дублирного управления: 1 — дешифратор; 2 — линия связи; 3 — командный генератор; 4 — автоматическое натяжное устройство; 5 — кнопки телеуправления; 6 — копирующее устройство.

Возможны две схемы связи между ведущим и ведомым агрегатами в дублирной системе управления: радиосвязь (рис. 246) и проводниковая связь (рис. 247.)

Работы, выполненные в ВИЭСХ, показали, что радиосвязь имеет ряд существенных недостатков и главные из них заключаются в сложности проблемы массового выхода с радиоизлучениями в эфир, а также высокая стоимость оборудования для радиодублирного управления.

Значительно более простой оказалась схема однопроводной связи, выполненной на тонком стальном проводе, по системе ОПЗ «один провод земля»,

то есть вторым каналом в системе связи между ведущим и ведомым агрегатами является земля. Нормальное натяжение провода длиной 40 м обеспечивается натяжным устройством с пружинным приводом.

При однопроводной схеме связи комплект необходимой аппаратуры по количеству сокращается вдвое, а по стоимости — втрое по сравнению с системой радиодублирного управления.

Глава четвертая

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ В КОЛХОЗАХ И СОВХОЗАХ

1. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РАБОТ В МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

Ремонтные механические мастерские в колхозах и совхозах являются первоочередными объектами электрификации, так как от их работы зависит готовность технических средств всех отраслей производства в сельском хозяйстве.

Современные мастерские по ремонту сельскохозяйственного инвентаря, сельскохозяйственных машин и другого оборудования не могут работать без электропривода станков, без электросварки и электрического освещения.

В зависимости от масштаба производства в мастерских применяется различное станочное оборудование.

Простейшая колхозная мастерская должна иметь следующее оборудование: токарный станок, сверлильный станок, наждачное точило и дутье в кузнице от электровентилятора ЭВР-4 или типа «Сирокко».

В приложении 17 приведен примерный перечень основного технологического оборудования типовой ремонтной мастерской на 100 тракторов, включающий станочное, ремонтное и специальное оборудование, а также ряд приспособлений и установок, значительная часть которых электрифицирована, с указанием мощности, потребной для той или иной установки.

Для вытяжки заготовок, рубки металла, кузнечной сварки, сгибания, прошивки отверстий и ряда других операций в кузницах колхозов и совхозов применяют механические молоты с электроприводом (см. приложение 18).

Для подъема и перемещения грузов во многих ремонтных мастерских применяются электрические тельферы с электрическим приводом механизмов подъема и передвижения. Основные данные по наиболее распространенным электрическим тельферам приведены в приложении 19.

В ремонтных мастерских совхозов и колхозов широко применяется электросварка. Электросваркой могут быть выполнены многие работы: восстановление изношенных деталей, сварка сложных деталей из простых эле-

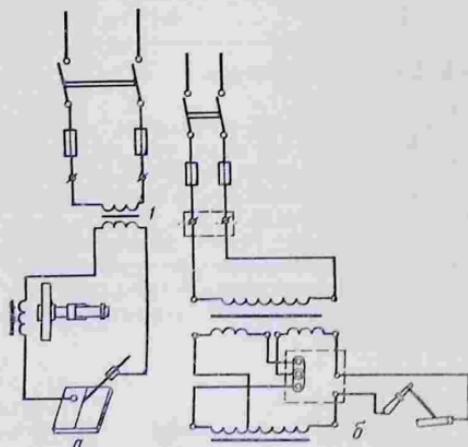


Рис. 248. Электрическая схема включения сварочных трансформаторов:
а — типа СТЗ; б — типа СТАН-1; 1 — вторичная обмотка трансформатора.

ментов, заварка трещин и раковин, сварка вместо кленки, наплавка сработавшихся мест в деталях и т. д. Электросварка при различных ремонтных работах позволяет экономить до 30% в весе расходуемых материалов, до 55% рабочей силы, резко снизить стоимость ремонтных работ, ускорив их выполнение.

Металлы сваривают как постоянным, так и переменным током.

Электросварочные агрегаты постоянного тока состоят из двигателя переменного тока и специального генератора постоянного тока для сварки. Данные об электросварочных агрегатах постоянного тока приведены в приложении 20. Электросварочные агрегаты переменного тока более просты по сравнению с установками постоянного тока и более дешевы (примерно в 2 раза). Наиболее распространенными из них являются сварочные трансформаторы. Техническая характеристика сварочных трансформаторов приведена в приложении 21. Электрическая схема включения сварочных трансформаторов приведена на рисунке 248.

Качество электросварки зависит от правильного выбора величины сварочного тока и правильного подбора электродов по диаметру в зависимости от толщины свариваемых деталей. Применяются следующие величины тока и диаметры электродов в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Толщина свариваемых деталей (мм)	Сварочный ток (а)	Диаметр стального электрода (мм)
2	60	1,5—2,0
3	80	3
4	90	4
5	100	4
8	160	5
10	240	6
Более 10	До 360	6

Величина тока сварки регулируется изменением индуктивного сопротивления, что достигается увеличением зазора в магнитопроводе.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РАБОТ В ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫХ МАСТЕРСКИХ

Ремонт сельскохозяйственного инвентаря, конных транспортных средств, изготовление тары, мебели, оконных переплетов, дверных и оконных коробок, наличников, плинтусов, досок для полов, потолков и перегородок и многое другое — все это крайне необходимо колхозам и совхозам.

Использование электрифицированного оборудования при изготовлении указанных изделий экономит миллионы трудодней и ускоряет процессы ремонта, поделки и стройки.

Один из самых трудоемких процессов обработки дерева — распиловка леса. При разделке древесины на бревна пользуются переносными электрическими пилами ЭП-2-2500.

В продольном направлении бревна распиливают на специальных распиловочных рамах или пилорамах. В приложении 22 приведены данные о лесопильных рамах, наиболее распространенных в колхозах и совхозах.

На рисунке 249 приведена схема установки лесопильной рамы и приводного электродвигателя.

Для дальнейшей распиловки древесины можно применять дисковые пилы, сведения по которым приведены в приложении 23.

Потребную мощность двигателя для дисковой пилы можно определить, пользуясь эмпирической формулой:

$$P_{\text{расч}} = \frac{nD}{800} + \frac{bF 0,736}{14(28)} \text{ кет},$$

где n — число оборотов шпиль в минуту;

D — диаметр шпиль (m);

b — ширина прошила (mm);

F — поверхность разреза в час (m^2), или производительность пилы ($m^2/ч$);

14 и 28 — коэффициенты, которые применяются в зависимости от породы дерева: для твердой породы берется коэффициент 14, а для мягких сортов дерева — 28.

Дальнейшая обработка пиломатериалов производится в деревообделочных мастерских.

Электрифицированных станков по обработке дерева чрезвычайно много, в том числе и комбинированных, которые могут выполнять ряд операций

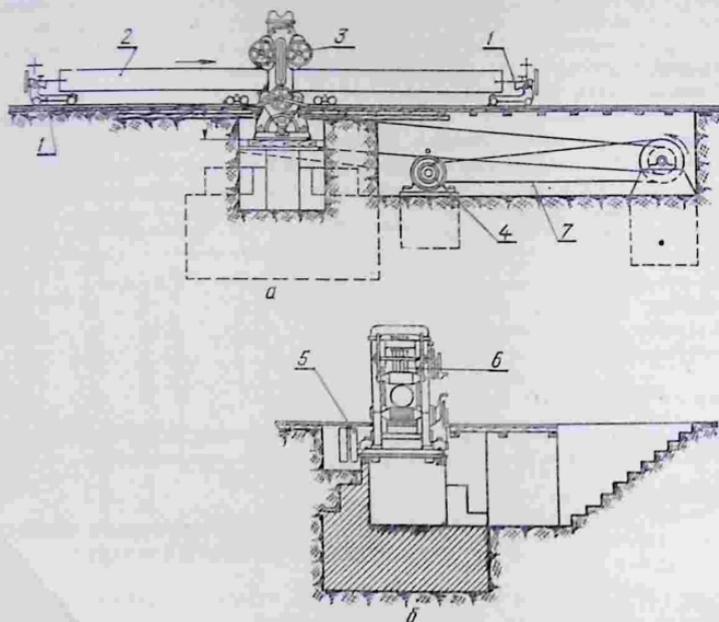


Рис. 249. Схема установки лесопильной рамы:

a — продольный разрез; b — поперечный; 1 — тележки; 2 — бревно; 3 — пилорама; 4 — электродвигатель; 5 — приводной шкив; 6 — пила; 7 — ременная передача.

по обработке древесины. В приложении 24 приведены данные о станках, на которых можно распиливать, строгать и сверлить дерево, а в приложении 25 — данные о строгальных и фрезерных станках.

Ленточные электропилы используются для разнообразной обработки деталей. Дисковые электропилы (рис. 250) применяются для продольной и поперечной распиловки, резки пазов, шпиров и т. д.

Мощность трехфазного двигателя у пилы ДПА-27 равна 1,2 *квт*, число оборотов двигателя в минуту 750, диска — 1150. Диаметр пильного диска 250 *мм*, наибольшая глубина прошила 9 *см*. Вес пилы 12—14,5 *кг*.

Для обработки брусков, досок и брусьев широко применяются электро-рубанки (рис. 251) марок И-26 и И-25. Первый обеспечивает ширину строгания за один проход 100 *мм*, а второй — 60 *мм*. Мощность двигателя соответственно 0,65 и 0,52 *квт* на напряжение 127/220 *в*. В рубанках ротор вынесен наружу, а статор устроен внутри. Режущие ножи крепятся непосредственно на роторе. Такое устройство электрического двигателя позволяет обойтись без редуктора и ножевого вала, следовательно, конструкция упрощается.

Производительность рубанка И-26 $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, а рубанка И-25 $6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Вес электрорубанков соответственно 15 и $8,4 \text{ кг}$.

Строгальные ножи рубанка тщательно уравниваются на специальном баланспровочном аппарате. Несбалансированные ножи вызывают дрожание рубанка, приводят к плохому качеству работы и порче инструмента.

Для выборки прямоугольных гнезд, пазов и шипов используются электродолбежники И-1 и ДН-27 (рис. 252). Электродолбежник снабжается четырьмя комплектами сменных режущих пней и звездочек, которыми можно за один проход выдолбить гнезда сечением 8×40 ; 12×50 ; 16×60 ;

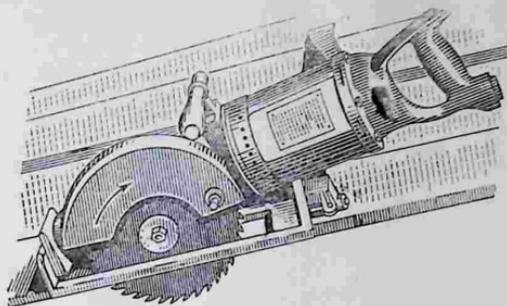


Рис. 250. Дисквая электропила ДПА-27.

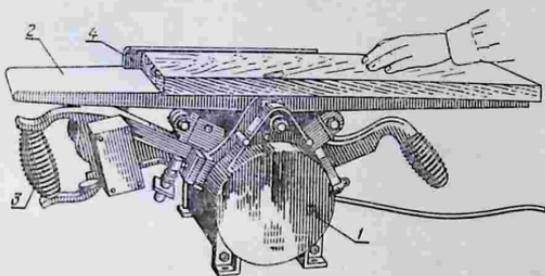


Рис. 251. Электрорубанок:

1 — электродвигатель; 2 — опорная панель; 3 — ручка;
4 — направляющая линейка.

$20 \times 50 \text{ мм}$ при максимальной глубине долбления 150 мм . Мощность двигателя $0,9 \text{ кВт}$, число оборотов двигателя 2850 в минуту. Вес электродолбежника равен 18 кг , а с приспособлением для долбления наклонных выемок 25 кг .

Для выдалбливания замочных гнезд предназначен электрофрезер ЭФ-15. С одной установки электрофрезером можно выбрать гнездо длиной до 250 и глубиной до 15 мм . Ширина гнезда, в зависимости от диаметра сменной фрезы, равна 16 или 22 мм .

Для сверления круглых отверстий в строительных материалах служит электросверло — ручная электродрель И-38, сверлящая отверстия диаметром до 15 и глубиной до 200 мм , а также электродрель И-27 для сверления отверстий диаметром до 26 и глубиной до 1000 мм .

Электрический двигатель дрели включается поворотом рукоятки. Выключатель имеет три положения: «Стоп», «Прямое вращение» и «Обратное вращение».

Вес дрели И-27 составляет 11 кг без опорной стойки и $16,5 \text{ кг}$ с опорной стойкой. Число оборотов шпинделя до 500 в минуту, число оборотов двигателя 2750 в минуту, мощность двигателя $0,6 \text{ кВт}$.

Чтобы проверить готовность электронинструмента к работе, кратковременно пускают его на холостой ход. Двигатель не должен гудеть, а резец должен вращаться в рабочем направлении без колебаний и вибраций.

Перед началом работы следует включить двигатель, дать резцу возможность набрать рабочие обороты и затем подавать электронинструмент на обрабатываемый брусок спокойным и плавным движением, без усиленного нажима,

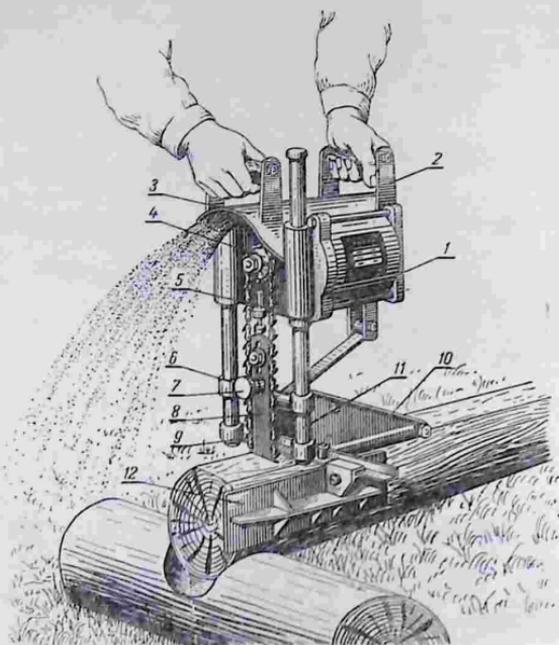


Рис. 252. Электродолбежник ДИ-27 в работе:

1 — электродвигатель; 2 — ручки; 3 — выжим; 4 — воздушная звездочка; 5 — натяжной винт; 6 — отражительное колесо; 7 — масленка; 8 — планка; 9 — цепь; 10 — пропеллер; 11 — стойка; 12 — боковая планка.

рывков и перекосов. Если резец в древесине начинает заедать и вращение приостанавливается или резко замедляется, то электронинструмент следует отвести от обрабатываемой детали, подождать, пока он снова не наберет необходимую скорость вращения, и продолжать обработку. Неоднократное заедание свидетельствует о неисправности электронинструмента.

Глава пятая

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

При использовании электрической энергии необходимо обеспечить безопасность для человека и сельскохозяйственных животных. Все электроустановки должны удовлетворять специальным требованиям электробезопасности и пожарной безопасности.

1. ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В ПОЖАРНОМ ОТНОШЕНИИ

Эта опасность возникает при замыкании голых проводов разных фаз или при повреждении изоляции. В цепи возникает ток короткого замыкания, проводник быстро нагревается, и изоляция может загореться, а металл проводника расплавиться. Чтобы исключить возможность пожара от коротких замыканий, электроустановки нужно защищать предохранителями или автоматическими выключателями.

Пожар может возникнуть при длительном превышении расчетного тока, называемом перегрузкой. От перегрузок токоприемники защищают тепловыми реле.

Загорание может возникнуть также из-за плохого электрического контакта в местах соединений проводов. Увеличенное переходное сопротивление в месте контакта вызывает его сильный нагрев, и изоляция загорается. Чтобы уменьшить переходные сопротивления, провода соединяют между собой очень тщательно, применяя в необходимых случаях наконечники, оконцеватели, горячую пайку, болтовые соединения.

Значительную пожарную опасность представляет продолжительное горение электрической дуги в отключающих аппаратах — автоматических выключателях, магнитных пускателях, рубильниках. Для быстрого гашения дуги в пусковых аппаратах имеются специальные устройства (в автоматах — дугогасительные решетки, в рубильниках — дополнительные пружинящие ножи, а в пакетных выключателях — механизм, обеспечивающий мгновенное перемещение подвижных контактов).

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ДЕЙСТВИЕ ТОКА НА ОРГАНИЗМ

Степень поражения человека током зависит от величины и рода тока, продолжительности действия, частоты, от пути протекания тока, а также от состояния организма.

Наиболее сильное действие на организм человека оказывает переменный ток нормальной частоты 50 *гц*. Ток 2—3 *ма* вызывает болезненное ощущение и сильное дрожание пальцев, ток 5—10 *ма* — судороги рук, сильные боли, руки трудно оторвать от проводов. При токе 20—25 *ма* руки парализуются, их уже невозможно оторвать от проводов; ток 50—80 *ма* вызывает паралич дыхания, нарушение деятельности сердца; при токе 90—100 *ма* происходит паралич дыхания, а если воздействие тока на организм продолжается более 3 *сек*, деятельность сердца прекращается.

Наибольшим сопротивлением обладает сухая кожа. Повреждения рогового слоя кожи — царапины, ссадины, а также ее увлажнение значительно снижают сопротивление. Чем больше площадь и плотность соприкосновения кожи с металлической поверхностью, тем меньше ее сопротивление.

Чем больше величина и длительность действия тока, протекающего через тело, тем ниже становится сопротивление кожи, так как при этом увеличивается ее нагрев и усиливается выделение пота. При напряжении, превышающем 250 *в*, происходит электрический пробой кожи, после чего общее сопротивление тела резко уменьшается.

В установках ниже 1000 *в* поражение током происходит от прикосновения к токоведущим частям или к частям, оказавшимся под напряжением вследствие пробоя изоляции.

В электроустановках напряжением 10 *кв* поражение током наступает не от прикосновения к токоведущим частям, а от приближения к источнику напряжения. Длительность прохождения тока в этом случае обычно измеряется долями секунды и приводит чаще к тяжелым ожогам, чем к параличу сердца.

Величина тока, протекающего через тело человека, зависит от напряжения источника и общего сопротивления цепи, которое складывается из сопротивления тела человека, обуви, пола и т. д. Сопротивление цепи может изменяться в очень широких пределах, и заранее нельзя определить величину тока, протекающего через человека, поэтому условия безопасности принято определять не по току, а по величине допустимого напряжения.

Одним из условий безопасности является соответствие величины напряжения электроустановки виду помещения. Например, напряжение для ручных переносных ламп и электрифицированного ручного инструмента в особо опасных помещениях не должно превышать 12 в, хотя в помещениях с повышенной опасностью для тех же целей допускается напряжение до 36 в.

3. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРИКОСНОВЕНИЯ К ТОКОВЕДУЩИМ ЧАСТЯМ

Безопасность при эксплуатации электрооборудования достигается тем, что исключается возможность прикосновения к токоведущим частям, нормально находящимся под напряжением.

Основной мерой защиты является тщательная изоляция токоведущих частей. Если применяются подвижные или разъемные токоведущие части — рубильники, предохранители и т. п., необходимо их закрыть изолирующими кожухами. Наименьшее расстояние между ограждением и токоведущими частями должно быть 60 см.

При напряжении выше 65 в ограждают, изолируют или закрывают кожухами все без исключения токоведущие части, независимо от характера помещения. В помещениях с повышенной опасностью необходима защита от случайного прикосновения при напряжении выше 36 в, а в особо опасных помещениях — при напряжении выше 12 в.

При выполнении электролиний голыми проводами их надо располагать на недоступной высоте.

Человек попадает под напряжение, когда, находясь на земле или на полу, он касается одной из фаз электроустановки.

Опасность поражения током зависит от режима нейтрали сети. На схеме рисунка 253 нейтраль генератора не связана с землей, такая сеть называется сетью с изолированной нейтралью.

В этом случае человек попадает под напряжение, действующее между фазой и землей.

Ток течет по цепи: фаза, тело человека, земля и далее через изоляцию двух других фаз. Величина этого тока зависит от качества изоляции сети. Поддерживая высокое сопротивление изоляции, можно значительно умень-

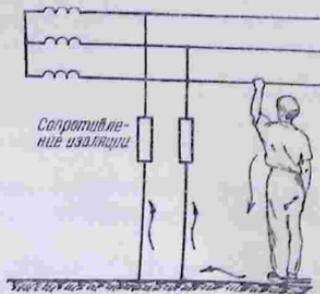


Рис. 253. Однофазное прикосновение к фазе сети с изолированной нейтралью.

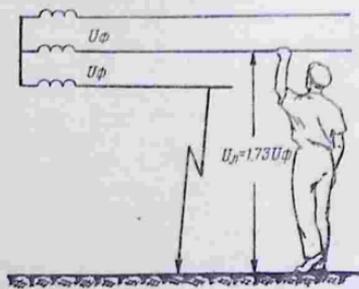


Рис. 254. Однофазное прикосновение к фазе при замыкании на землю другой фазы.

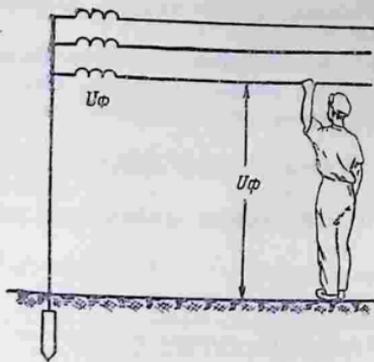


Рис. 255. Однополюсное прикосновение к фазе сети с заземленной нейтралью.

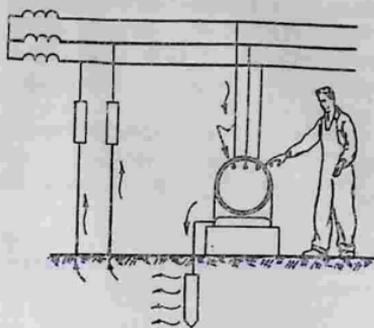


Рис. 256. Схема заземления электроустановки.

шить опасность поражения при касании фазового провода, находящегося под напряжением.

Если же одна из фаз будет соединена с землей (рис. 254) и человек прикоснется к другой фазе, он попадает под линейное напряжение.

В этом случае изоляция не окажет защитного действия.

На низком напряжении сеть с изолированной нейтралью, как правило, выполняется, лишь при питании потребителей непосредственно от генератора, обмотки которого соединены в треугольник, а также при повышенных требованиях безопасности.

Если у трансформатора или генератора нейтраль соединена с землей (рис. 255), такая сеть называется сетью с заземленной нейтралью. При прикосновении к одной фазе такой сети, независимо от качества ее изоляции, человек попадает не под линейное, а под фазное напряжение, которое в 1,73 раза меньше линейного.

Помимо соображений безопасности, заземление нейтрали сети имеет еще ряд других важных преимуществ. Поэтому для питания сельскохозяйственных производственных и бытовых электроустановок, как правило, применяются сети в 220/380 в с заземленной нейтралью.

4. ЗАЩИТА ОТ ПРИКОСНОВЕНИЯ К НЕТОКОВЕДУЩИМ ЧАСТЯМ, ОКАЗАВШИМСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

При повреждении изоляции обмоток двигателя напряжение переходит не только на его корпус, но через соединительную муфту и на машину, приводимую в действие от этого двигателя.

Радикальным средством защиты является заземление металлических нетоковедущих частей электроустановки, т. е. надежное соединение этих частей с землей. Защитное действие заземления (рис. 256) состоит в том, что ток замыкания на землю может протекать по цепи, минуя тело человека. Если сопротивление цепи заземления будет малым, ток замыкания на землю пойдет не через человека, а через соединение корпуса двигателя с землей. Специальное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки с землей называется защитным заземлением.

Заземление состоит из заземлителя и заземляющих проводников, соединяющих заземлитель с корпусом электроустановки. Каким бы малым ни было сопротивление заземления, ток частично пойдет через тело человека. Этот ток будет тем меньше, чем ниже сопротивление цепи заземления

в сравнении с цепью, проходящей через человека, и чем меньше величина полного тока замыкания на землю.

Согласно нормам, заземляющее устройство генераторов и трансформаторов должно иметь сопротивление не выше 4 ом. Большее сопротивление, но не выше 10 ом, допускается только для генераторов и трансформаторов мощностью до 100 *кв*а.

В качестве заземлителей применяются металлические стержни, угловая сталь, полосы, листы и т. д.

Минимальные размеры заземлителей и заземляющих проводников даны в таблице 73.

ТАБЛИЦА 73

Минимальные размеры заземлителей и заземляющих проводников из стали

Тип проводников	Минимальные размеры проводников		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые проводники (мм)	5	6	6
Прямоугольные проводники	Сечение 24 мм ² , толщина 3 мм	Сечение 48 мм ² , толщина 4 мм	Сечение 48 мм ² , толщина 4 мм
Угловая сталь—толщина полок (мм)	2,0	2,5	4,0
Стальные трубы—толщина стенок (мм)	2,5	2,5	3,5

Для соединения заземляющих проводов с заземлителями обычно применяют сварку или болты. Все заземляемые неэлектропроводящие части оборудования присоединяют к заземлителю отдельными проводниками.

Последовательно включать несколько заземляемых конструкций не разрешается, так как при этом возрастает сопротивление цепи заземления и увеличивается опасность ее разрыва.

Сопротивление заземляющего устройства относительно земли зависит от ее удельного электрического сопротивления, которое не является постоянной величиной. Оно зависит от состава земли, ее влажности, температуры, плотности, наличия солей, кислот и других веществ. С увлажнением сухой земли или с ее уплотнением резко снижается удельное сопротивление. Повышение температуры увеличивает растворение солей, вследствие чего удельное сопротивление земли уменьшается. Однако при сильно нагреве земля высыхает, что приводит к обратному результату. При понижении температуры ниже нуля в земле образуется лед, вследствие чего удельное сопротивление резко увеличивается. Особенно сильно изменяется сопротивление верхних слоев земли в связи с наибольшей степенью испарения влаги и действием осадков и температуры. Поэтому заземлители надо зарывать на достаточную глубину, порядка 2,5—3 м. При более близком к поверхности земли расположении заземлителей их сопротивление в течение года сильно изменяется.

5. ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

При управлении электроустановками обслуживающее их лицо должно применять защитные средства (табл. 74).

Основным защитным средством в установках до 1000 в являются диэлектрические перчатки и рукавицы. Они изолируют человека от токоведущих частей оборудования.

Монтерским инструментом с изолирующими ручками пользуется в своей работе каждый электромонтер. Изоляция рукояток инструмента выполняется из материала, хорошо удерживающегося на металле и стойкого к действию воды, бензина, керосина, кислот и пота. Изоляция должна покрывать рукоятки сплошь, не оставляя оголенных металлических концов.

При работе инструментом с изолирующими ручками под напряжением надо надевать резиновые галоши и перчатки.

Защитные средства	Напряжение	
	6—10 кВ и выше	220/380 В и ниже
Основные	Штанги, клещи, индикаторы высокого напряжения	Монтерский инструмент, диэлектрические перчатки и рукавицы, индикаторы низкого напряжения
Дополнительные	Изолирующие подставки, диэлектрические боты, перчатки и коврики	Диэлектрические галоши, подставки, коврики

Переносные указатели напряжения служат для проверки наличия или отсутствия напряжения на отключенных участках электрической цепи. При напряжении до 500 В в качестве указателя используется малагабаритный вольтметр или неоновая лампа (рис. 257). У лампы имеются металлические наконечники — щупы, которыми прикасаются к проверяемым токоведущим частям.

Штанги (рис. 258) применяются для включения и отключения разъединителей, для заземления и закорачивания проводов и шин, для испытания электрооборудования и т. д. Брать штангу можно только за ручку ниже кольца. При работе со штангой надо стоять на изолированном основании в резиновых ботах и перчатках.

Изолирующие клещи применяют при замене трубчатых предохранителей и тому подобных операциях. Для напряжения до 500 В клещи готовят из дерева, для больших напряжений — из бакелита. Брать клещи можно только за ручки, не касаясь изолирующей части. Работать клещами надо на изолированном основании, в перчатках и защитных очках.

В установках высокого напряжения (до 10 кВ) применяют указатели высокого напряжения с неоновой лампой, смонтированной на штанге-держателе. При достаточном приближении к токоведущей части лампа — указатель высокого напряжения начинает светиться без прикосновения к токоведущей части. Работать с указателем напряжения надо в перчатках и ботах, стоя на изолированном основании.

Защитные средства, находящиеся в эксплуатации, необходимо периодически контролировать и подвергать испытанию повышенным напряжением. Так, низковольтные перчатки и рукавицы надо испытывать через 6 месяцев напряжением 2500 В в течение 1 мин.

Предупредительные плакаты, постоянные и переносные, применяют для предупреждения человека об опасности приближения к частям, находящимся под напряжением.

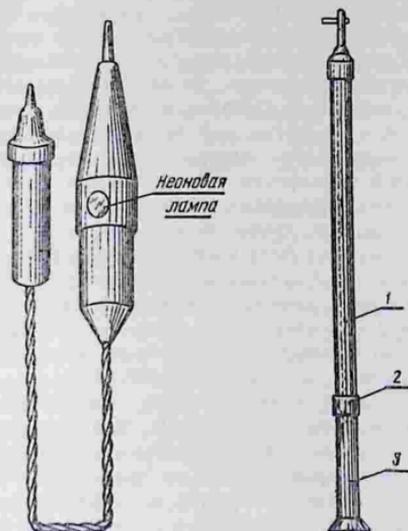


Рис. 257. Неоновая лампа — указатель наличия напряжения.

Рис. 258. Штанга: 1 — изолирующая часть; 2 — упорное кольцо; 3 — ручка-захват.

В помещениях, а также снаружи на дверях вывешивают плакаты с надписью: «Стой, опасно для жизни!», «Под напряжением!», «Не влезай — убьют!». Для открытых подстанций и опор линий электропередач применяют плакаты с надписью: «Не трогать, смертельно!».

Для запрещения управления аппаратами, которыми может быть подано напряжение на участок цепи, отключенный для проведения ремонтных работ, вывешивают плакаты с надписью: «Не включать — работают люди!», «Не включать — работа на линии!». Запрещающие плакаты вывешивают на рукоятках, на штурвалах, кнопках и иных средствах управления выключателями.

Для защиты от ожогов электрической дугой служат защитные очки с боковыми стеклами. Их нужно обязательно надевать при отключении открытых рубильников, смене плавких вставок предохранителей под напряжением, включении и отключении разъединителей, заливке аккумуляторов.

Наиболее распространенной в сельскохозяйственном производстве электрической машиной является электродвигатель. Все движущиеся части привода, прикосновение к которым представляет опасность для человека, должны быть ограждены. Если необходимо работать вблизи движущихся неогражденных частей привода, их нужно остановить.

Если двигатель приводит в движение рабочие машины, установленные в других помещениях, то включать его можно лишь после получения ответного сигнала о готовности лиц, обслуживающих эти машины.

Если во время работы электродвигателя по какой-либо причине прекращается подача энергии, надо немедленно отключить рубильник, управляющий двигателем. В противном случае после восстановления питания двигатель самопроизвольно начинает работать, это может привести к поломке машин или к несчастному случаю.

В силовой цепи между магнитным пускателем и источником напряжения должен быть установлен рубильник с предохранителями. Ремонтные работы допускается начинать только после отключения рубильника. Отключения магнитного пускателя в этом случае недостаточно, так как при случайном нажатии кнопки или замыкании в цепи управления произойдет включение напряжения и запуск двигателя.

К электрооборудованию животноводческих ферм предъявляется ряд дополнительных требований, обусловленных особо высокой восприимчивостью животных к действию электрического тока. В случае повреждения изоляции в проводке или у обмоток двигателей возможно поражение животных при прикосновении к металлическим частям водопровода, вакуум-провода, молокопровода и т. д., так как эти трубопроводы связаны с корпусами электродвигателей. Во избежание возможного поражения животных любую электроустановку присоединяют к трубопроводу через изолирующие вставки длиной не менее 50 см. Изолирующая вставка в цепи тока, протекающего по стальной трубе, оказывается изолятором. В этом месте ток может протекать только по воде, имеющей обычно высокое удельное сопротивление. Высокое сопротивление в цепи тока, снижая его величину, уменьшает опасность поражения.

Линию, питающую животноводческие помещения, начиная от трансформаторной подстанции и включая все внутренние проводки, нужно выполнять с нулевым проводом такого же сечения, как и сечение фазных проводов.

Все однофазные токоприемники на ферме, за исключением освещения, следует включать на линейное напряжение. Для уменьшения тока в нулевом проводе освещения на ферме нужно равномерно распределять по фазам и включать одновременно во всех фазах.

Включение отдельных осветительных групп допускается лишь при условии, если мощность такой группы не превышает 20% общей мощности освещения фермы.

6. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ

Различают два вида поражения электрическим током — электрические травмы и электрические удары.

Электрические травмы представляют собой внешние поражения частей тела в виде ожогов, повреждений глаз, а также ушибов, переломов и ранений, полученных при падении пострадавшего.

Электрические удары происходят, если через тело человека протекает ток от 0,025 до 0,1 а.

В первый момент пострадавший в ряде случаев еще может инстинктивным движением освободиться от тока. Однако если это мгновение упущено, то сопротивление тела быстро падает, а ток увеличивается, мышцы судорожно сокращаются, и человек уже не может самостоятельно освободиться от проводов. Поражается дыхательный центр, и прекращается дыхание. Нарушается, а затем и прекращается деятельность сердца.

Человек, пораженный электрическим ударом, находится в состоянии мнимой смерти, то есть отсутствуют сознание, дыхание, пульс и сердцебиение, не сокращается зрачок при освещении глаза, но пострадавший не утрачивает способности к жизнедеятельности и при своевременной помощи может быть возвращен к жизни. Эта помощь должна быть оказана немедленно, иначе в организме пострадавшего произойдут необратимые изменения и мнимая смерть перейдет в действительную. Оживление пострадавшего, находящегося в состоянии мнимой смерти, начатое в течение первой же минуты после поражения, не менее чем в 90% случаев дает положительный эффект.

При увеличении этого промежутка времени возможность оживления быстро уменьшается.

Человека, пораженного электрическим ударом, необходимо прежде всего освободить от действия тока, отключив напряжение; при этом следует действовать так, чтобы оказывающий помощь сам не был поражен током.

Средства, применяемые для отделения пострадавшего от токоведущих частей, различаются в зависимости от напряжения электроустановки.

В электроустановках напряжением до 1000 в можно пользоваться подручными средствами — сухой одеждой, любым сухим предметом, не проводящим ток. Для изоляции от пострадавшего оказывающий помощь может обмотать руку шарфом или надеть на нее суконную фуражку. Во всех случаях лучше действовать одной рукой, так как уменьшается опасность поражения человека, оказывающего помощь. Для освобождения пострадавшего от тока можно при напряжении до 1000 в даже перерезать или перерубить провода; при этом нужно пользоваться инструментами с хорошо изолированными ручками, например топором с сухой деревянной рукояткой.

В электроустановках напряжением выше 1000 в для освобождения от тока берут изолирующую штангу или клещи на соответствующее напряжение. Оказывающий помощь должен действовать в диэлектрических ботах и перчатках. Если несчастный случай произошел на линии электропередачи, следует замкнуть провода линии накоротко и заземлить их. Для этого подходящий кусок провода надежно соединяют с землей и только потом набрасывают его на провода линий электропередачи. После освобождения пострадавшего от тока надо немедленно оказать ему первую помощь, меры которой зависят от его состояния.

Если пострадавший находится в обморочном состоянии, но дышит нормально, его надо удобно уложить, расстегнуть его одежду и пояс, обеспечить приток свежего воздуха, удалить лишних людей. До прихода врача пострадавшему давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать его водой, растирать и согревать его тело грелками или бутылками с горячей водой, обернутыми полотенцем или тканями. Пострадавшему, который дышит судорожно, как умирающий, необходимо делать искусственное дыхание.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии и не дышит, его нельзя считать мертвым, даже если отсутствуют сердцебиение, пульс

и реакция зрачка на свет. Такому пострадавшему надо немедленно делать искусственное дыхание сразу же после освобождения его от тока. Необходимо срочно вызвать врача и продолжать делать искусственное дыхание до его прибытия.

Среди остальных людей до сих пор существует ошибочное мнение, что для оживления человека, пораженного электрическим ударом, его надо закопать в землю — это только вредно.

Для успешного оживления мнимо умершего надо знать приемы искусственного дыхания и уметь правильно их применять.

Необходимо быстро освободить пострадавшего от стесняющей одежды — расстегнуть ворот, пояс, снять шарф и т. д.; открыть рот пострадавшего, выдвинув вперед его нижнюю челюсть. Если таким образом раскрыть рот не удастся, следует вставить между задними коренными зубами дощечку, ручку ложки, металлическую пластинку и осторожно разжать зубы.

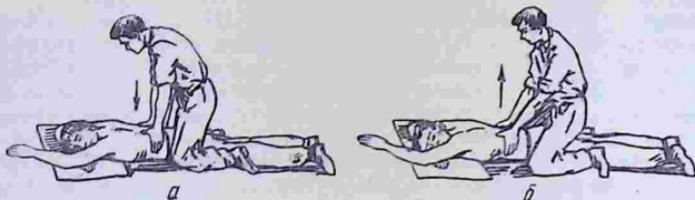


Рис. 259. Первый способ искусственного дыхания:
а — выдох; б — вдох.



Рис. 260. Второй способ искусственного дыхания:
а — выдох; б — вдох.

Искусственное дыхание можно делать двумя способами.

Первый способ применяется, когда помощь оказывает один человек. При этом пострадавшего надо уложить спиной вверх, под голову положить его руку, лицо повернуть в сторону и подстелить что-либо под голову, другую руку вытянуть вдоль головы. Если можно, язык пострадавшего вытянуть. Встать надо пострадавшим на колени лицом к его голове, чтобы бедра пострадавшего были между коленями оказывающего помощь. Положить ладони на спину пострадавшего, на его нижние ребра, охватить их с боков сложенными пальцами. По счету «раз, два, три» постепенно наклонить свое тело вперед, нажимая на нижние ребра пострадавшего (выдох). Не удаляя совсем рук от спины пострадавшего, откинуться назад (вдох). Сосчитать «четыре, пять, шесть», вновь постепенно подать свое тело на вытянутые руки, считая «раз, два, три», и т. д. (рис. 259).

Второй способ дает лучшие результаты, но для его осуществления нужен помощник. Пострадавшего укладывают на спину, подложив ему под лопатки сверток одежды, чтобы голова запрокинулась назад. Осторожно открывают рот, вытягивают и удерживают язык. Оказывающий помощь становится на колени над головой пострадавшего, берет его руки у локтя и прижимает их к боковым сторонам груди пострадавшего (выдох). По счету «раз, два,

три» руки пострадавшего поднимают кверху и закладывают их за голову (вдох). По счету «четыре, пять, шесть» вновь прижимают руки к груди и т. д. (рис. 260).

Второй способ не применяется, если у пострадавшего сломана рука или ключица.

При правильном выполнении искусственного дыхания слышен звук, похожий на стон, от прохождения воздуха через дыхательное горло пострадавшего. Отсутствие звука обычно указывает на то, что язык запал и мешает прохождению воздуха, его нужно вытянуть больше.

При проведении искусственного дыхания нужно избегать резких, с насилием, движений руками пострадавшего во избежание их вывихов или переломов.

Нельзя чрезмерно сдавливать грудную клетку пострадавшего ввиду опасности перелома ребер. Во время искусственного дыхания нужно пострадавшего по возможности согреть, прикладывая к телу грелки, бутылки с горячей водой, нагретые кирпичи. Горячие предметы должны быть хорошо завернуты, чтобы не вызвать ожогов тела. Делать все это надо очень быстро, не прекращая искусственного дыхания.

При искусственном дыхании следить за лицом пострадавшего. Если он пошевелит губами, веками или сделает глотательное движение гортанью, надо проверить, сможет ли он самостоятельно вдохнуть.

Если после нескольких мгновений ожидания пострадавший не начал дышать или начавшееся дыхание ослабевает либо прекращается, следует немедленно возобновить искусственное дыхание.

Когда пострадавший начнет самостоятельно и равномерно дышать, искусственное дыхание продолжать не рекомендуется, так как этим можно причинить вред пострадавшему.

При повреждении кожи в результате ожога, ушиба или ранения в рану легко могут попасть микробы, находящиеся на окружающих предметах. Если при ожоге образовались пузыри, нельзя их вскрывать; также не следует удалять с обожженного места приставшие частицы канифоли, мастики и т. п., так как легко содрать кожу и создать тем самым благоприятные условия для внесения в рану микробов. Надо очень осторожно снимать платье и обувь, лучше всего их разрезать. На обожженное место следует наложить чистую сухую повязку, вскрыв индивидуальный пакет первой помощи, сверху покрыть ее ватой и завязать бинтом. При распечатывании пакета нельзя прикасаться к той части стерильного материала, которым закрывается рана.

Если индивидуального пакета нет, можно использовать для перевязки чистый, лучше свежевыглаженный носовой платок и т. п.

Затем пострадавшего немедленно направляют в лечебное учреждение. На глаза, обожженные электрической дугой, накладывают холодные примочки из борной кислоты и немедленно направляют пострадавшего к врачу.

При открытых ранениях особенно опасно загрязнять рану землей. Это может вызвать заболевание столбняком — тяжелой болезнью, возбудитель которой попадает в рану вместе с землей. Только своевременное введение врачом противостолбнячной сыворотки предотвращает опасность тяжелого заболевания.

Проводниковые материалы

Наименование материала	Плотность (г/см ³)	Удельное электрическое сопротивление при 20°C (ом·мм ² /м)	Средний температурный коэффициент сопротивления при 20°C	Температура плавления (°C)	Прочность на разрыв (кгс/мм ²)	Темлопроводность (вт/см·C)	Удельная теплоемкость (кал/г·°C)	Область применения
Алюминий	2,7	0,0283—0,0288	0,004	657—660	8—25	2,0—2,1	0,208—0,215	Провода, кабели и шины
Аздрей	2,7	0,029	0,004	1100	30—38	2,1	—	То же
Бронза	8,3—8,9	0,024—0,052	0,004	885—1050	31—135	0,412—0,81	0,095—0,224	Контакты, пружины
Вольфрам	19,3	0,055	0,005	3400	100—300	0,32	0,0337	Нити лампы накаливания, контакты
Константан	8,7—8,9	0,5	5,10—6	1270	40—55	0,23	0,098	Реостаты, сопротивляющие приборы, термостаты в паре с медью и железом
Латунь	8,4—8,7	0,031—0,079	0,002	960	30—70	1,09	0,093	Контакты и зажимы
Манганин	8,4	0,4—0,48	6,10—5	980	40—55	0,235	0,095	Эталонные сопротивления, сопротивляющие приборы
Молибден	10,2	0,048	0,0047	2570	80—250	4,45	0,062	Электровакуумные приборы
Медь	8,71—8,89	0,0175	0,004	1083	27—45	3,9	0,098	Провода, кабели, шины
Никелин	8,9	0,42	2,40—5	1060	63	—	—	Реостаты, сопротивляющие
Никель	8,9	0,072	0,006	1452	40—70	0,58—0,62	0,106	Электровакуумные приборы
Нихром	8,2	1,1	0,0045	1380	55—70	0,42	0,1	Нагревательные приборы, сопротивляющие
Олово	7,3	0,114	0,0044	232	2—5	0,65	0,051	Принной, лужение, фольга для электродов
Ртуть	13,54	0,958	0,0009	—38,9	—	0,11	0,0333	Ртутные выпрямители, терморегуляторы
Свинец	11,34	0,22	0,004	327,4	0,95—2,0	0,347	0,031	Предохранители, оболочки кабелей, пластина аккумуляторов
Серебро	10,5	0,016	0,0036	960,5	15—30	4,2	0,055	Контакты электроприборов и аппаратов
Сталь	7,8	0,14	0,0062	1400—1530	70—75	0,48	0,120	Провода, шины
Цинк	7,1	0,06	0,004	419—430	15—30	1,11	0,092	Антикоррозийные покрытия, контакты
Чугун	7,2—7,6	0,5	0,001	1200	12—32	0,6	0,11	Сопротивляющие реостаты и как конструктивный материал

Примечание. Большие значения плотности и прочности при растяжении относятся к твердотелым материалам, меньшие значения этих величин относятся к отожженным материалам.

Изоляционные материалы

Наименование материала	Плотность (г/см ³)	Диэлектрическая прочность	Пробивная прочность (кг/см ²)	Удельное объемное сопротивление при 20°C (ом.см)	Полупроводящая температура (°C)	Темлопроводность (вт/см.°C)	Область применения
Асбест	2,6	—	20	1011	450	0,0018	Изоляция электрических машин и аппаратов
Асбестоцемент	2	7	20—30	107	250	—	Распределительные щиты, основания аппаратов, дугостойкие перегородки
Бакелитовая смола	1,25	7	150—200	104	150	—	В пластмассах и лаках
Битумы	1	3	250	104	18—90	0,006	Пропиточные изоляционные лаки, заливные составы для электрических машин и кабелей
Бумага	0,7	2,5—3	80—90	1012	90	0,0013	Кабели с пропиткой маслом, конденсаторы. Нагревание слоистых изоляционных материалов
Воздух	0,00121	1,00006	30	1018	—	0,00025	—
Гетинакс	1,35	7,0	150—230	1010	150	0,0017	Маслонаполненные аппараты высокого и низкого напряжения, высокочастотные устройства
Дерево	0,6—0,9	3—4	20—60	1012	100—110	0,003	—
Капифоль	1,08	3,5	100—150	1015	65	—	Загуститель пропиточных масс. Припой при пайке меди
Лакоткань	1,0	4—6	240—650	1011	95—105	0,0025	Изоляция обмоток машин и аппаратов (глубокая лакокраска)
Мрамор	2,8	7—8	5—10	1011	100	0,005	Распределительные щиты, основания рубильников, пускателей и другой аппаратуры низкого напряжения

Наименование материала	Плотность (г/см ³)	Диаметр-числа проволочности	Пробивная прочность (кг/см)	Удельное обесечение при 20°С (см.см)	Допустимая рабочая температура (°С)	Теплопроводность (ед/см.°С)	Область применения
Мягкая резина	1,7—2	2—8	450—250	1015	50	0,001	Изоляция проводов
Парафин	0,9	2,25	300	1016	50	0,002	Прокладка дерева, бумажная изоляция, хлопчатобумажная ткань
Полихлорвинил	1,3	4,7	100—200	1014	65	—	Изоляция проводов, пластмассы, лаки
Слюда (мусковит)	2,8	6,7	1000	1016	500	0,0036	Слюдяные конденсаторы, внутриламповая изоляция. Микашита и микаленты для изоляции в нагревательных приборах, электрических машинах и аппаратах
Стекло	2,6—6	7,5—5,3	100—150	1014	—	0,011	—
Трансформаторное масло	0,89	2,2	70—120	1014	95	0,002	Заполнение трансформаторов, масляных выключателей, фарфоровых выводов, реостатов
Фарфор	2,4	6	100—200	1011	—	0,01	Изоляторы высокого и низкого напряжения, электроустановочные изоляционные материалы
Шеллак	1,0	3,1	120—240	1015	80	0,003	Основа для клеющих лаков (клеяка слюды)
Шифер	2,8	6—7	6—10	10 ¹⁹	200	0,008	То же, что мрамор
Электрокартон	0,9—1,5	3	90—130	1012	90	0,0017	Изоляционные прокладки в машинах, трансформаторах, аппаратах

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Допустимые длительные токовые нагрузки (по нагреву) на голые медные, алюминиевые, сталалюминиевые провода по ГОСТ 839—59 (допустимый нагрев + 70° С при температуре воздуха + 25° С)*

марка про- вода	Медные		Алюминиевые			Сталалюминиевые					
	токовая нагрузка (а)		марка провода	токовая нагрузка (а)		марка провода	токовая нагрузка (а)		марка провода	токовая нагрузка (а)	
	вне помеще- ний	внут- ри помеще- ний		вне помеще- ний	внут- ри помеще- ний		вне помеще- ний	внут- ри помеще- ний		вне помеще- ний	внут- ри помеще- ний
M4	50	25	A16	105	75	AC10	80	50	ACO150	450	365
M6	70	35	A25	135	105	AC16	105	75	ACO185	505	420
M10	95	60	A35	170	130	AC25	130	100	ACO240	605	505
M16	130	100	A50	215	165	AC35	175	135	ACO300	690	580
M25	180	135	A70	265	210	AC50	210	165	ACO400	825	710
M35	220	170	A95	320	255	AC70	265	210	ACO500	945	815
M50	270	215	A120	375	300	AC95	330	260	ACO600	1050	920
M70	340	270	A150	440	355	AC120	380	305	ACO700	1220	1075
M95	415	335	A185	500	410	AC150	445	365	ACU120	375	—
M120	485	395	A240	590	490	AC185	510	425	ACU150	450	—
M150	570	465	A300	680	570	AC240	610	505	ACU185	515	—
M185	640	530	A400	815	690	AC300	690	585	ACU240	610	—
M240	760	685	A500	980	820	AC400	835	715	ACU300	705	—
M300	880	740	A600	1070	930				ACU400	850	—
M400	1050	895									

* Согласно Правилам устройства электроустановок ПУЭ. Издание третье, переработанное и дополненное. Издательство «Энергия», Москва, 1964.

Продолжение

Длительно допустимая токовая нагрузка на провода и шнур с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, (мм ²)	Токовые нагрузки (а)				
	провода, проложенные открыто	провода, проложенные в одной трубе			
		два одно- жильных	три одно- жильных	один двух- жильный	один трех- жильный
0,5	11	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—
1	17	16	15	15	14
1,5	23	19	17	18	15
2,5	30	27	25	25	21
4	41	38	35	32	27
6	50	46	42	40	34
10	80	70	60	55	50
16	100	85	80	80	70
25	140	115	100	100	85
35	170	135	125	125	100
50	215	185	170	160	135
70	270	225	210	195	175
95	330	275	255	245	215
120	385	315	290	295	250
150	440	360	330	—	—
185	510	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—

Длительно допустимая нагрузка на провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы (мм ²)	Токовые нагрузки (а)			
	провода, проложенные открыто	провода, проложенные в одной трубе		
		два одножильных	три одножильных	один двухжильный
2,5	24	20	19	19
4	32	28	28	25
6	39	36	32	31
10	55	50	47	42
16	80	60	60	60
25	105	85	80	75
35	130	100	95	95
50	165	140	130	125
70	210	175	165	150
95	255	215	200	190
120	295	245	220	230
150	340	275	255	—
185	390	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Лампы накалывания электрические осветительные общего назначения (ГОСТ 2239—60). Лампы с нормальной световой отдачей

Тип лампы	Номинальные значения				Диаметр колбы (мм)	Полная длина лампы (мм)	Тип цоколя (ГОСТ 2526—51)
	напряжения (в)	мощности (вт)	светового потока (лм)	световой отдачей (лм/вт)			
НВ127-15	127	15	130	8,7	61	104+3	P27-2
НВ127-25	127	25	235	9,4	61	104+3	P27-2
НВ127-40	127	40	440	11,0	61	110+4	P27-2
НВ127-60	127	60	740	12,3	61	110+4	P27-2
НВ127-75	127	75	980	13,1	66	121+4	P27-2
НВ127-100	127	100	1 400	14,0	66	121+4	P27-2
НГ127-150	127	150	2 300	15,3	81	170+5	P27-2
НГ127-200	127	200	3 200	16,0	97	200+6	P27-2
НГ127-300	127	300	5 150	17,2	112	232+8	P40-1
НГ127-500	127	500	9 100	18,2	112	232+8	P40-1
НГ127-750	127	750	14 250	19,0	152	300+9	P40-2
НГ127-1000	127	1 000	19 500	19,5	152	300+9	P40-2
НГ127-1500	127	1 500	29 500	19,7	167	335+10	P40-2
НВ220-15	220	15	105	7,0	61	104+3	P27-1
НВ220-25	220	25	205	8,2	61	104+3	P27-1
НВ220-40	220	40	370	9,3	61	110+4	P27-1
НВ220-60	220	60	620	10,3	61	110+4	P27-1
НВ220-75	220	75	840	11,2	66	121+4	P27-1
НВ220-100	220	100	1 240	12,4	66	121+4	P27-2
НГ220-150	220	150	1 900	12,7	81	170+5	P27-2
НГ220-200	220	200	2 700	13,5	97	200+6	P27-2
НГ220-300	220	300	4 350	14,5	112	232+8	P40-1
НГ220-500	220	500	8 100	16,2	112	232+8	P40-1
НГ220-750	220	750	13 100	17,5	152	300+9	P40-2
НГ220-1000	220	1 000	18 200	18,2	152	300+9	P40-2
НГ220-1500	220	1 500	28 000	18,7	167	335+10	P40-2

Тип ламп	Номинальные значения				Диаметр колбы (мм)	Полная длина лампы (мм)	Тип цоколи (ГОСТ 2520-51)
	напряжения (е)	мощности (вт)	светового потока (лм)	световой отдачи (лм/вт)			

Лампы с повышенной световой отдачей

НБК127-40	127	40	490	12,3	46	87 \pm 3	P27-1
НБК127-60	127	60	820	13,7	51	93 \pm 3	P27-1
НБК127-75	127	75	1080	14,4	56	97 \pm 3	P27-1
НБК127-100	127	100	1560	15,6	61	102 \pm 3	P27-1
НБК220-40	220	75	698	9,3	66	124	P27-1
НБК220-60	220	100	1050	10,5	76	159	P27-1
НБК220-75	220	150	1845	12,3	81	175	P27-1
НБК220-100	220	200	2660	13,3	97	205	P27-1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Лампы люминисцентные ртутные (ГОСТ 6825-61)

Тип ламп	Номинальные значения					Общая длина (мм)	Длина без штырьков (мм)	Диаметр колбы (мм)
	мощности лампы (вт)	напряжения на лампе (е)	тока лампы (а)	светового потока (лм)	световой отдачи (лм/вт)			
ЛДЦ15 ЛД15 ЛХБ15 ЛБ15 ЛТБ15	15	58	0,3	420 525 600 630 600	30 35 40 42 40	452,4	437,4	25
ЛДЦ20 ЛД20 ЛХБ20 ЛБ20 ЛТБ20	20	60	0,35	620 760 900 980 900	31 39 45 49 45	604,8	589,8	38
ЛДЦ30 ЛД30 ЛХБ30 ЛБ30 ЛТБ30	30	108	0,34	1110 1380 1500 1740 1500	37 46 50 58 50	909,6	894,6	25
ЛДЦ40 ЛД40 ЛХБ40 ЛБ40 ЛТБ40	40	108	0,41	1520 1960 2200 2480 2200	38 49 55 62 55	1214,4	1199,4	38
ЛДЦ80 ЛД80 ЛХБ80 ЛБ80 ЛТБ80	80	108	0,82	2720 3440 3840 4320 3840	34 43 48 54 48	1515,0	1500,0	38

В типах ламп буквы означают: Л—люминисцентная, Д—дневная, Б—белая, ХБ—холодно-белая, ТБ—тепло-белая, Ц—лампы, предназначенные для правильной цветопередачи.

Установленная мощность и потребное количество электроэнергии на один жилой дом для освещения, электробытовых приборов, частичного приготовления пищи, отопления и подогрева воды

Виды нагрузок	Норма на многоквартирный дом жилой площадью 30 — 45 м ²					
	с газификацией		без газификации			
	вт	квт·ч год	без электроотопления		с электроотоплением	
			вт	квт·ч год	вт	квт·ч год
Освещение дома . . .	250—450	280—500	250—450	280—500	250—450	280—500
Электробытовые приборы	400—600	240—360	400—600	240—360	400—600	240—360
Частичное приготовление пищи в летнее время и подогрев пищи в течение года	—	—	150—360	120—300	150—360	120—300
Подогрев воды для стирки и мытья посуды	—	—	150—300	75—150	150—300	75—150
Частичное отопление с использованием переносных приборов	—	—	—	—	150—300	60—120
Итого	650—4050	520—860	950—1710	715—1310	1100—2010	775—1430
Норма на 1 м ² здания по наружному обмеру	12	10	18	14	22	15

Продолжение

Показатели использования электробытовых приборов, а также приборов для целей частичного приготовления пищи, отопления и подогрева воды

Виды нагрузок	Установленная мощность одного электроприемника (квт)	Годовое число часов использования установленной мощности	Количество электроприемников на 100 квартир	
			показатели	
			нижний	верхний
Электробытовые приборы				
1. Радиоприемники и радиолы . . .	0,07	1500	60	80
2. Телевизоры	0,12	1700	30	60
3. Холодильники	0,08	4000	10	15
4. пылесосы	0,4	100	10	15
5. Утюги	0,36	160	70	90
6. Стиральные машины	0,3	160	7	20
Частичное приготовление пищи в летнее время и подогрев пищи в течение года	0,6	800	25	60
Подогрев воды для мытья посуды и для стирки	0,6	500	25	
Частичное отопление с использованием переносных приборов (рефлектора и др.)	0,6	400	25	50

Для выбора установленной мощности трансформатора, а также сечения проводов электрических линий необходимо определить расчетную (максимальную) мощность путем умножения установленной мощности электроприемников на следующие величины коэффициентов спроса.

При суммарной установленной мощности (<i>квт</i>) всех электроприемников, присоединенных к линиям напряжением 380/220 в или к потребительской подстанции	Величина коэффициента спроса
До 3	0,6
3—10	0,5
10—20	0,45
20—50	0,4
50—100	0,35
Более 100	0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Установленная мощность уличного освещения в сельских населенных пунктах

Наименование населенных пунктов	Установленная мощность (<i>вт</i>)
Норма на один погонный метр длины улицы:	
а) сельский населенный пункт с одноэтажной застройкой	3,5
б) сельский населенный пункт с многоэтажной застройкой	5,0
Норма на один жилой дом:	
а) сельский населенный пункт с одноэтажной застройкой	140
б) сельский населенный пункт с многоэтажной застройкой	200

Примечания. 1. Для сельских населенных пунктов с разбросанным расположением жилых домов с одноэтажной застройкой и малым движением транспорта рекомендуется принимать установленную мощность 2 *вт* на 1 погонный метр длины улицы, или 80 *вт* на один жилой дом.

2. Установленную мощность электрических ламп рекомендуется принимать от 150 до 300 *вт*.

3. Годовое число часов использования установленной мощности для уличного освещения рекомендуется принимать:

- а) при горении фонарей до 1 часа ночи—1700 ч;
- б) при горении фонарей всю ночь—3100 ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Нормы установленной мощности для подсчета осветительных и силовых нагрузок в помещениях для скота и птицы

Виды скота и птицы	Единица измерения	Норма установленной мощности осветительных и силовых нагрузок (<i>квт</i>)
Дойные коровы при беспривязном содержании и доении на площадке:		
а) коровник на 150 голов	Коровник	28
б) коровник на 300 голов	»	33
Дойные коровы при привязном содержании и доении в стойлах:		
а) коровник на 100 голов	»	35
б) коровник на 200 голов	»	46
Молодняк крупного рогатого скота, скот для выращивания на мясо при беспривязном содержании до 300 голов	Скотный двор	12

Виды скота и птицы	Единицы измерения	Норма установленной мощности осветительных и силовых нагрузок (квт)
Телятник на 200 голов	Телятник	9
Овцематочник (установленная мощность на постройку определяется из нормы 2,4 квт на одну овцематку)	Овчарник	
Свиноматки с поросятами:		
а) основные до 100 и разовые до 300 голов	Свиноматочник	57
б) основные до 200 и разовые до 600 голов	»	85
Свиньи откормочные до 2500 голов	Свинарник	47
Лошади (установленная мощность на постройку определяется из нормы 28 квт на одну голову)	Ковюшня	
Птица:		
а) куры-несушки до 2500 голов	Птичник	13
б) куры-несушки до 5000 голов	»	26
в) цыплятник на 5000 голов	Цыплятник	18
г) цыплятник на 10000 голов	»	35
д) гуси, утки, индейки до 2500 голов	Птичник	10

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Шкала мощностей электродвигателей серии А2 и АО2 (квт) и скоростей вращения

Габарит	Типо-размер	3000 об/мин		1500 об/мин		1000 об/мин		750 об/мин		600 об/мин	
		А2	АО2	А2	АО2	А2	АО2	А2	АО2	А2	АО2
1	41	—	0,8	—	0,6	—	0,4	—	—	—	—
	42	—	1,1	—	0,8	—	0,6	—	—	—	—
2	21	—	1,5	—	1,1	—	0,8	—	—	—	—
	22	—	2,2	—	1,5	—	1,1	—	—	—	—
3	31	—	3,0	—	2,2	—	1,5	—	—	—	—
	32	—	4,0	—	3,0	—	2,2	—	—	—	—
4	41	—	5,5	—	4,0	—	3,0	—	2,2	—	—
	42	—	7,5	—	5,5	—	4,0	—	3,0	—	—
5	51	—	10,0	—	7,5	—	5,5	—	4,1	—	—
	52	—	13,0	—	10,0	—	7,5	—	5,5	—	—
6	61	17	—	13	13,0	10	10,0	7,5	7,5	—	—
	62	22	17,0	17	17,0	13	13,0	10,0	10,0	—	—
7	71	30	22,0	22	22,0	17	17,0	13,0	13,0	—	—
	72	40	30,0	30	30,0	22	22,0	17,0	17,0	—	—
8	81	55	40,0	40	40,0	30	30,0	22,0	22,0	17	17
	82	75	55,0	55	55,0	40	40,0	30,0	30,0	22	22
9	91	100	75,0	75	75,0	55	55,0	40,0	40,0	30	30
	92	125	100,0	100	100,0	75	75,0	55,0	55,0	40	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Установочные размеры электродвигателей серии А2 и АО2

(рис. 416)

Габарит	Типо-размер	Размеры (мм)						
		И	А	В	С	К	Д	Е
1	41	90	140	100	56	9	18	40
	42	90	—	125	56	9	18	40
2	21	100	160	112	63	12	22	50
	22	100	—	140	63	12	22	50

Габарит	Типо-размер	Размеры (мм)						
		Н	А	В	С	К	Д	Е
3	31	112	190	114	70	12	28	60
	32	112	—	140	70	12	28	60
4	41	132	216	140	89	12	32	80
	42	132	—	178	89	12	32	80
5	51	160	254	178	108	14	38	80
	52	160	—	210	108	14	38	80
6	61	180	279	203	121	14	42	110
	62	180	—	241	121	14	42	110
7	71	200	318	228	133	18	48	110
	72	200	—	267	—	18	48	110
8	81	250	406	311	168	22	60	140
	82	250	—	349	168	22	60	140
9	91	280	457	368	190	22	70	140
	92	280	—	419	190	22	70	140

Примечание. Буквенные обозначения установочных размеров соответствуют проекту рекомендаций Международной электротехнической комиссии (МЭК).

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Нормы водопотребления (л) общественно-коммунальными учреждениями

Вид коммунального расхода воды	При водоприводе	Без водоприводе
Бани на одного посетителя	100	75
Душ на одного человека	40	25
Общественный умывальник на одного умывающегося	10	5
Общественная столовая немеханизованная на одного обедающего	15	10
Административно-хозяйственное учреждение на одного работника	20	10
Клуб на одного посетителя	10	5
Общественная уборная на одного посетителя	30	5
Больница на одну койку	150	50—100
Амбулатории на одного посетителя	10—15	5—10
Школа на одного ученика	15	10
Ясли на одного ребенка (со стиркой белья и пр.)	75	50
Общезимние на одного жителя	45	35
Прачечная на 1 кг сухого белья	60	15—30

Нормы водопотребления (л) в животноводстве

Потребитель	При авто-поилках	Без авто-поилок	При пастбищ-ном содержании
Корова молочная	115	95	75
Корова мясная, вол	60	50	50
Молодняк	30	25	25
Лошадь рабочая, верховая рысистая	—	50	50
Свиноматка с приплодом	80	60	50
Хряк, супоросная свинья	45	40	30
Молодняк	45	40	30
Овца, баран	—	10	8
Ягненок	—	6	4
Курица	0,5	0,5	—
Утка, гусь	—	1,25	—

Нормы расхода воды (л) при работе тракторов, автомашин и двигателей

Автомобиль (мойка и охлаждение, в сутки)	300—500
Трактор и комбайн (в сутки)	130—150
Локомобиль на 1 сило-час	15—20

Нормы расхода воды в мастерских

Механическая	35 л/сут на станок
Слесарная	80 л/сут на станок
Кузнечная	40 л/сут на гори
Столярная	20 л/сут на верстак

Нормы расхода воды (л) в подсобных совхозных и колхозных предприятиях

Маслодельный завод на 1 л молока при механизированной обра-ботке с пастеризацией	8—10
Молочно-сметанные заводы на 1 л молока при механизирован-ной обработке с пастеризацией	8—10
Сыроваренные заводы на 1 л молока при механизированной об-работке с пастеризацией	8—10
Бойни на одну голову крупного рогатого скота	300
Бойни на одну голову мелкого рогатого скота	100
Хлебопекарня на 1 кг хлеба	0,6—0,8
Консервный завод на 1 кг консервов	35—60

Данные по кормоприготовительным машинам, имеющимся в хозяйствах

Наименование машины	Производитель-ность (т/ч)	Тип электри-ческого двига-теля	Номинальная мощность дви-гателя (квт)	Число оборо-тов в минуту		Диаметр шкива на машине (мм)	Диаметр шкива на двигателе (мм)	Удельный рас-ход электро-энергии (квт. ч/т)	Вес машины (кг)
				двиг-теля	рабочего органа				
Соломосилосорез-ка РКС-12	10—12	АО261-6	10,0	960	800	300	260	0,88	950
Корнеклубнеймой-ка ПМ-2,5	2,5	АОЛ31-4	0,6	1410	20	400	90	0,2—0,3	280
Корнерезка РКР-2	2,0	АОЛ32-4 АОЛ41-6	1,0 1,0	1410 930	150	710 360	80 63	0,5	95
Картофелемялка КМ-1,5	1,5	АОЛ41-4 АОЛ41-6	1,7 1,7	1420 930	400	300 300	100 140	1,0—1,2	85
Жмылодробилка ДЖ-0,5	0,75—1,2	АОЛ32-4 АОЛ41-6	1,0 1,0	1410 930	250	580 580	100 160	1,8	160
Кормоприготови-тельный ком-байн КПК-1,5	1,5	АО51-6	2,8	950	—	—	—	—	1200

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Данные о кормоприготовительных и кормораздаточных машинах и транспортерах, применяемых в животноводстве (не описанных в тексте)

Наименование и марка машины	Назначение	Производительность (т/ч)	Потребная мощность (квт)	Число оборотов рабочего органа или приводного шкива в минуту	Размеры (мм)			Вес (кг)	Диаметр барабана (мм)
					длина	ширина	высота		
Универсальная дробилка кормов УДК-Т	Измельчение зерна, корнеклубнеплодов, кукурузы, грубых кормов, пищевых отходов	От 1 до 4,5	20,0	2900	2600	1860	2000	900	500
Измельчитель кормов ИКБ-2 «Беларусь»	То же	От 0,8 до 2,0	14,0	1450	2500	1530	2240	650	—
Измельчитель кормов универсальный ИКУ-5	То же	До 5,0	4,5	1500	1630	1000	1070	230	360
Измельчитель кормов ИКП-0,5	Измельчение сочных кормов для птицы	1,0	2,8	580	1750	1000	1225	260	300
Пастонизовател ПЗГ-2	Измельчение сырых кормов с образованием однообразной массы для свиней	От 1,5 до 5,0	8,0	430	1400	860	860	340	—
Варочный котел-смеситель МЗ-3,0	Варка и перемешивание картофеля с другими кормами	1,2	4,5	31—35	3442	1250	1730	1608	—
Смеситель кормов СКС-5	Смешивание корнеклубнеплодов в сыром и вареном виде с сеной мукой и концентрированными кормами	5,0	2,8	950	2810	2685	2360	540	—
Смеситель-загрузчик кормов СЗК-0,5	Приготовление сухих и влажных мешанок для птицы	1,8	4,5	1440	4000	850	2500	290	—
Овощетерка ОТ-0,3	Измельчение сочных кормов с последующим смешиванием с концентрированными кормами	1,5—2,0	10,0	89	2330	1310	2200	650	—
Траворезка РТБ-1,0	Резка травы с последующей сушкой для получения витаминного сена	1,0	2,8	412	3275	1440	1815	400	285
Кормораздатчик для птицы КРП-3	Раздача влажных мешанок, зелени и зерна в кормушки	12,0	2,8	—	2470	1350	2115	450	—

Наименование и марка машины	Назначение	Производительность (т/ч)	Потребная мощность (квт)	Число оборотов рабочего органа или приводного шкива в минуту	Размеры (м.м)			Вес (кг)	Диаметр барабана (м.м)
					длина	ширина	высота		
Транспортер ТСМ-7,5	Выемка силоса из траншеи глубиной до 3,5 м и погрузка на транспортные средства	4,0	1,7	—	7475	730	—	350	—
Транспортер СТ-2 пепочно-планчатый	Для подачи силоса из ям	2,4	0,8	—	7500	—	4000	204	—
Корнерезка КРШ-4	Измельчение корнеплодов, скормливаемых свиньям	4,0	4,5	—	—	805	645	1160	174

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Данные о зерноочистительных, сортировальных, моечных и других машинах

Наименование машины	Производительность (т/ч)	Потребная мощность (квт)	Габаритные размеры (мм)			Вес (кг)	Количество обслуживающего персонала
			длина	ширина	высота		
Зерноочистительная машина ОС-4,5	4,5	4,5	4 585	2 675	3 075	1 700	3
Самопередвижная зерноочистительная машина ОВВ-20	20,0	10,0* 1,6**	4 200	2 060	3 530	1 490	2
Самопередвижная зерноочистительная машина ОВП-20	20,0	7,0* 2,8**	4 570	2 060	3 280	1 780	1
Электромагнитная семеочистительная машина ЭМС-1	0,25—0,35	4,5	7 050***	1 925	6 660	1 700	3
Триер универсальный ТУ-400	0,4—1,5	0,6	2 310	844	1 455	245	2
Льносеめочистительный агрегат ЛОС-0,8	0,5—0,8	—	5 700	4 100	3 100	2 300	2
Льносемеочистительная машина ТФ-0,6	0,25—0,6	—	3 000	1 950	2 350	810	1
Свекловичная горка ОСГ-0,12М	0,12	1,0	1 740	1 840	1 565	270	1
Протравитель универсальный ПУ-3	3—6	4,5	2 384	1 630	2 135	462	3
Протравитель зерна ПЗ-10 «Колос»	10—15	7,0	2 800	1 400	2 100	950	3
Картофелесортировка РКС-10	8,0	1,7	3 515	900	4 310	550	10
Сортировка лука-севка СЛС-1А	1,6	1,7	2 930	1 600	2 180	600	5
Сушилка зерна барабанная передвижная СЗПБ-2,0	2,0	7,0	—	—	—	4 300	3
Воздухоподогреватель ВПТ-400	400 тыс. ккал/ч	10,0	4 130	1 200	1 650	1 000	1
Выделитель семян из томатов ВСТ-1,5	1—1,5	2,8	1 620	1 400	1 310	345	3

Наименование машины	Производительность (т/ч)	Потребная мощность (квт)	Габаритные размеры (мм)			Вес (кг)	Количество обслуживающего персонала
			длина	ширина	высота		
Машина для мойки помидоров МПП-1,5	1,5—2	2,8	3 700	1 100	1 740	590	1
Зернопогрузчик самопередвижной ЗС-60	80,0	7,0	5 215	2 720	3 080	800	1
Зернопогрузчик самопередвижной ЗПС-30	30,0	4,5****	4 645	1 865	3 225	670	1
Транспортер початков кукурузы ТПК-20	20,0	4,5	10 620	2 060	3 780	750	4
Зернопогрузчик самопередвижной АПП-125	100,0	9,8*****	7 230	2 000	3 565	1 400	1

- * Для очистки.
 ** Для самопередвижения.
 *** Размер с генератором, вентилятором, циклоном и приемником семян.
 **** Общая мощность двух электродвигателей.
 ***** Общая мощность трех электродвигателей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Данные по дождевальным машинам

Наименование и марка машины	Расход воды (л/сек)	Рабочий напор (м)	Площадь полива с одной позиции (га)	Габаритные размеры (м)			Вес (т)
				длина	ширина	высота	
Дождеватель дальноструйный навесной ДДН-45	32,3	58	1,02	1,6	1,7	2,7	0,7
Двухконсольный навесной короткоструйный агрегат ДДА-100М	100,0	25	0,57	110,6	4,8	4,56	4,1
Дождевальная машина короткоструйная ДМ-200	234,0	20	0,8	55,2	6,5	4,82	28,5
Дождевальная машина короткоструйная ДМ-80	85,0	20	0,3	53,3	5,6	4,8	5,9
Дождевальная короткоструйная установка КДУ-55М	25,0	25	0,15	—	—	—	1,15
Дождевальная среднеструйная установка ДУ-25	29,0	45	6,7	—	—	—	3,13

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Типовое оборудование ремонтной мастерской на 100 тракторов

Наименование оборудования	Потребная мощность (квт)	Наименование оборудования	Потребная мощность (квт)
Насос для мойки машин	2,2	Печь для плавки баббита	1,8
Моечная установка МУ-4-ИМЗ	2,2	Станок для заливки подшипников	1,0
Станок для шлифования фасок клапанов СНК	0,6	Токарно-винторезный станок 1Д63А	10,0
Стенд ОС для обкатки двигателей	18,7	Токарно-винторезный станок 1А62	7,0
Станок для притирки клапанов М-3	1,0	Токарно-винторезный станок 1615М	2,2
Станок УРБ-ВП-М для расточки вкладышей и коренных подшипников	1,0	Вертикально-сверлильный станок 2135	5,0
Гидроустановка Т-4М для испытания двигателей	20,0	Настольно-сверлильный станок СН12А	0,65
		Точильный станок 3М634	3,2
		Воздуходувка Н-680 к горну	1,5

Наименование оборудования	Электродная мощность (квт)	Наименование оборудования	Потребная мощность (квт)
Градуирка к установке Т-4М	1,7	Электросварочный трансформатор СТАН	8,7
Установка для зарядки аккумуляторов	0,52	Передвижной компрессор	2,2
		Точило наждачное 3633	1,5
Стенд для проверки электрооборудования	1,5	Универсально-фрезерный станок КН82	7,0
Стенд ТА-55А для регулирования дизельной топливной аппаратуры	2,7	Шлифовальный станок 2423	6,0
Гидравлический подъемник	4,3	Вертикально-расточный станок 2В-697	2,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Данные по техническим молотам с электроприводом

	Пневматический молот ПМ-50	Рессорный молот
Вес бабы (кг)	50	69
Высота подъема бабы (см)	30	30
Число ударов бойка в минуту	180	180
Мощность электродвигателя (квт) для привода компрессора	5	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Данные по электрическим тельферам-подъемникам

Грузоподъемность (т)	Мощность электродвигателя для подъема (квт)	Мощность электродвигателя для передвижения
0,25	0,45	0,25
0,5	0,85	0,25
1,0	0,80	0,65
2,0	3,50	0,65
3,0	4,50	1,20
5,0	6,20	1,80

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

Данные однопостовых электросварочных агрегатов постоянного тока

Тип агрегата	Генератор		Мощность генератора при непрерывной работе (квт)	Двигатель		Максимальный ток (а) при ПВ%		
	тип	номинальное напряжение (в)		мощность (квт)	тип	100	70	50
СУГ-25	СМГ-25	25	6,25	11,5	МКФ-29/4	250	300	350
САК-2-I	СМГ-2г	30	7,50	20,6	ГАЗ-К	250	300	350
САК-2-II	СМГ-2д	25	6,25	14,7	У-2	250	300	350
САГ-2г-VI	СМГ-2г-VI	30	7,50	22,0	ГАЗ-МК	250	280	320

Данные по сварочным трансформаторам типа СТЭ в СТАИ

Наименование параметров	Трансформаторы с обмотками в виде диска				Трансформаторы на обмотках катушечного типа	
	СТЭ-22	СТЭ-23	СТЭ-22	СТЭ-34	СТАИ-6	СТАИ-1
Мощность (квт) при ПВ-65%	13,5	19,5	29,0	34,0	8,7	22,5
Пределы регулирования сварочного тока (а)	80—350	50—420	100—700	150—700	25—150	60—480
Первичное напряжение (в)	380/220, 127	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
Вторичное напряжение при холостом ходе (в)	50	65	65	60	66—83	60—70
Тип регулятора	РСТЭ-22	РСТЭ-23	РСТЭ-32	РСТЭ-34	—	—
Коэффициент полезного действия трансформатора и регулятора (%)	74	83	85	86	83	83
Коэффициент мощности трансформатора и регулятора	0,62	0,50	0,48	0,53	0,51	0,52
Вес (кг):						
трансформатора	117	140	185	200	80	185
регулятора	63	90	130	120	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

Технические данные лесопильных рам

Показатели	Пилорамы				
	ЛРМ-79	ЛР-45	ЛР-64	Р-65	РПШ-55
Длина (мм)	2000	1850	2100	1730	4492
Ширина (мм)	1660	1780	1750	1885	2280
Высота (мм)	1990	1940	2175	2430	2970
Вес (кг)	2000	1700	2580	4000	8600
Количество двойных ходов пилы (об/мин)	250	250	240	250	240
Высота хода рамы (мм)	220	240	320	360	400
Наибольший диаметр распиливаемого бревна (см)	35	35	40	40	40
Длина подачи (мм):					
наибольшая	10	10	10	20	18
наименьшая	4	4	4	—	—
Потребная мощность (квт)	24	18	25	40	35
Количество обслуживающего персонала	5	5	5	7	6—8
Производительность (м ³ /ч)	2,5	2,0	4—4,5	5—6	7—8,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Данные о дисковых пилах

Диаметр пилы (мм)	Толщина пилы (мм)	Допустимые обороты пилы в минуту	Потребная мощность двигателя (квт)	Производительность на распиловке (м ³ /ч)	
				мягкой породы дерева	твердой породы дерева
150	1,2	6300	1,1	40	20,0
200	1,4	4800	1,5	45	22,5
300	1,6	3360	2,2	48	24,0
400	2,0	2800	3,7	54	27,0
500	2,2	2300	5,2	60	31,0
600	2,6	1900	6,6	69	34,0
700	2,9	1600	8,1	75	37,0
800	3,0	1400	9,6	80	40,0
900	3,4	1180	11,0	90	45,0
1000	3,8	1000	12,5	—	—
1100	4,2	950	15,0	—	—
1200	4,6	850	17,0	—	—

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенные обозначения единицы	Размер единицы
Скорость массовая	килограмм на квадратный метр-секунду	$кг/(м^2 \cdot сек)$	$(1 кг) : [(1 м^2) \cdot (1 сек)]$
Коэффициент массопередачи То же	килограмм в секунду	$кг/сек$	$(1 кг) : (1 сек)$
	кубический метр в секунду	$м^3/сек$	$(1 м^3) : (1 сек)$
Коэффициент диффузии	квадратный метр на секунду	$м^2/сек$	$(1 м^2) : (1 сек)$
Газовая постоянная	джоуль на килограмм-градус	$дж/(кг \cdot град)$	$(1 дж) : [(1 кг) \cdot (1 град)]$
<i>Акустические единицы</i>			
Звуковое давление	ньютон на квадратный метр	$н/м^2$	$(1 н) : (1 м^2)$
Объемная скорость	кубический метр в секунду	$м^3/сек$	$(1 м^3) : (1 сек)$
Акустическое сопротивление	ньютон-секунда на метр в пятой степени	$н \cdot сек/м^5$	$(1 н) \cdot (1 сек) : (1 м^5)$
Механическое сопротивление	ньютон-секунда на метр	$н \cdot сек/м$	$(1 н) \cdot (1 сек) : (1 м)$
Интенсивность звука	ватт на квадратный метр	$вт/м^2$	$(1 вт) : (1 м^2)$
Плотность звуковой энергии	джоуль на кубический метр	$дж/м^3$	$(1 дж) : (1 м^3)$
<i>Световые единицы</i>			
Световой поток	люмен	$лм$	$(1 св) \cdot (1 стер)$
Световая энергия	люмен-секунда	$лм \cdot сек$	$(1 лм) \cdot (1 сек)$
Светность	люмен на квадратный метр	$лм/м^2$	$(1 лм) : (1 м^2)$
Освечивание	свеча-секунда	$св/сек$	$(1 св) \cdot (1 сек)$
Яркость	нит, или свеча, на квадратный метр	$нт, св/м^2$	$(к \cdot 1 св) : (к \cdot 1 м^2)$, где $к$ — произвольный предельно малый числовой множитель
Освещенность	люкс	$лк$	$(1 лм) \cdot (1 м^2)$
Количество освещения	люкс-секунда	$лк \cdot сек$	$(1 лк) \cdot (1 сек)$
<i>Единицы ионизирующей ионизирующей излучений</i>			
Поглощенная доза излучения (энергия, поглощенная единицей массы облучаемого вещества)	джоуль на килограмм	$дж/кг$	$(1 дж) : (1 кг)$
Экспозиционная доза излучения	кулон на килограмм	$к/кг$	$(1 к) : (1 кг)$
Мощность поглощенной дозы излучения	ватт на килограмм	$вт/кг$	$(1 вт) : (1 кг)$
Мощность экспозиционной дозы излучения	ампер на килограмм	$а/кг$	$(1 а) : (1 кг)$
Интенсивность излучения	ватт на квадратный метр	$вт/м^2$	$(1 вт) : (1 м^2)$
Активность радиоактивного препарата (число актов распада в единицу времени)	секунда в минус первой степени	$1/сек$	$1 : (1 сек)$
Внешнее излучение радиоактивного препарата (число частиц или квантов в единицу времени)	секунда в минус первой степени	$1/сек$	$1 : (1 сек)$
Плотность потока ионизирующих частиц или квантов	секунда в минус первой степени на квадратный метр	$1/(сек \cdot м^2)$	$1 : [(1 \cdot сек) \cdot (1 м^2)]$

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетени и сборники научно-технической информации по сельской электрификации. ВИЭСХ, 1956—1962.
2. Рекомендации по ультрафиолетовому облучению сельскохозяйственных животных и птицы. Издательство АН СССР, 1962.
3. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства за 1957—1962.
4. Гейлер Л. Б. Электропривод в тяжелом машиностроении. Машгиз, 1953.
5. Голован А. Т. Основы электропривода. Госэнергоиздат, 1959.
6. Доклады ТСХА. Вып. 1956—1962.
7. Запорожский филиал ВИЭСХ. Проспекты выполненных научно-исследовательских работ, 1960—1962.
8. Иванов А. П. Электрические источники света. Госэнергоиздат, 1955.
9. Инкубатор «Универсал 45». Руководство по монтажу и эксплуатации.
10. Касаткин А. С. и Перекалкин М. А. Электротехника. Госэнергоиздат, 1961.
11. Клешиин А. Ф. Выращивание растений при искусственном освещении. Сельхозгиз, 1959.
12. Кнорринг Г. М. Справочник для проектирования электроосвещения. Госэнергоиздат, 1960.
13. Комар М. А. Основы электропривода и аппарата управления. Госэнергоиздат, 1940.
14. Листов П. Н. и др. Электромонтер сельской электрификации. Профтехиздат, 1962.
15. Листов П. Н. Лабораторно-практические задания по применению электрической энергии в сельском хозяйстве. Сельхозгиз, 1958.
16. Листов П. Н. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. Сельхозгиз, 1961.
17. Механизация трудоемких работ на животноводческих фермах. Под редакцией В. С. Краснова. Сельхозгиз, 1959.
18. Научные труды по электрификации сельского хозяйства. ВИЭСХ, 1957—1962.
19. Попов В. К. Основы электропривода. Госэнергоиздат, 1951.
20. Попов В. С., Мансуров Н. Н. и Николаев С. А. Электротехника. Госэнергоиздат, 1962.
21. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. Под редакцией акад. М. Г. Евреинова, Сельхозгиз, 1958.
22. Руководящие указания по проектированию сельских электроустановок (электротехническая часть). Гипросельэлектро, 1958—1964.
23. Сельскохозяйственная техника. Справочник «Сельхозтехника». Сельхозиздат, 1962.
24. Справочная книга по светотехнике, т. II. Основы светотехники и осветительных установок. АН СССР, 1958.
25. Справочник по применению электрической энергии в сельском хозяйстве. Под редакцией проф. Н. А. Сазонова, Сельхозгиз, 1958.
26. Шац Е. Л. Эксплуатация сельских электроустановок. Сельхозгиз, 1957.
27. Электрическая энергия в сельском хозяйстве зарубежных стран. Сборник переводов из иностранной литературы. Изд. иностранной литературы, 1959.

Оглавление

I. РОЛЬ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОГРЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Основные указания В. И. Ленина по электрификации сельского хозяйства	3
2. Развитие электрификации сельского хозяйства в СССР	4
3. Ближайшие задачи в области электрификации сельского хозяйства	6
4. Вопросы электрификации сельского хозяйства в Программе КПСС, принятой XXII съездом КПСС	7

II. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1. Система электрических и магнитных величин	9
2. Условные графические обозначения элементов электрических устройств	10
3. Электрический ток. Проводники, изоляторы, полупроводники. Сопротивление	16
4. Электродвижущая сила. Напряжение	17
5. Электромагнитная индукция	18
6. Генераторы переменного тока и типы электростанций	18
7. Трансформаторы и типы сельских потребительских подстанций	25
8. Расчет электрических проводов	29
9. Электрические цепи	32
10. Мощность и энергия электрического тока	34
11. Тепловое действие тока	35
12. Магнитное поле. Электромагнетизм	36
13. Двигатели переменного тока	37
14. Электроизмерительные приборы и способы их включения	43
15. Специальные сельскохозяйственные электроизмерительные приборы	51
16. Датчики и преобразователи	58
17. Понятие об электронных, ионных и полупроводниковых приборах	61

III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОВОЙ И ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава I. Электрическое освещение

1. Значение электрического освещения в сельском хозяйстве	64
2. Основные понятия и величины светотехники	64

Глава II. Электрические источники света

1. Лампы накаливания	68
2. Люминесцентные лампы	69
3. Люминесцентные лампы специального назначения	72
4. Ртутно-кварцевые лампы	74
5. Осветительные приборы	75
6. Типы светильников и область их применения	76
7. Проекторы	77

Глава III. Понятия о нормировании и системах электрического освещения в сельском хозяйстве

1. Нормирование электрического освещения в сельском хозяйстве	78
2. Понятие о системах освещения	80
3. Освещение улиц и открытых пространств	80
4. Схемы управления электросветильными установками	81

Глава IV. Приемы использования световой и лучистой энергии в сельскохозяйственном производстве

1. Использование электрического освещения в теплицах	83
2. Использование электрических установок для борьбы с насекомыми-вредителями	95
3. Дополнительное освещение и инфракрасные лучи для увеличения яйценоскости кур	100
4. Использование ультрафиолетовых лучей в сельском хозяйстве	103
5. Применение инфракрасных лучей	108
6. Электрическое освещение на полевых работах	111

IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава I. Общая характеристика электроприводов	112
Глава II. Основные характеристики электродвигателей	117
Глава III. Нагрев и выбор мощности двигателя	119
Глава IV. Способы повышения коэффициента мощности $\cos \varphi$ и экономии электроэнергии	124
Глава V. Аппараты ручного и автоматического управления электроустановками в сельском хозяйстве	128
Глава VI. Основные сведения по монтажу электродвигателей	139

V. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава I. Электрификация установок по водоснабжению совхозов и колхозов	145
1. Эффективность электрификации установок по водоснабжению	145
2. Определение потребности хозяйства в воде	145
3. Источники водоснабжения и выбор насосно-силового оборудования	147
4. Автоматические электропроводочки	154
5. Обеспечение ферм горячей водой	159
Глава II. Электрификация животноводства	163
1. Электромеханизация работ по приготовлению кормов	163
2. Электромеханические установки по раздаче кормов	174
3. Машинное доение коров	178
4. Электромеханизация процессов первичной обработки молока	188
5. Электромеханические установки по уборке навоза	192
6. Электровентиляция животноводческих помещений	197
7. Электрические изгороди	200
8. Электромашинная стрижка овец	203
9. Электрификация птицеводства	208
Глава III. Электрификация растениеводства	220
1. Электрификация работ на зерноочистительных пунктах	220
2. Электромолотьба	225
3. Электромеханизация работ в закрытом грунте	226
4. Электрификации установок для орошения	233
5. Электрификация полевых мобильных работ	236
Глава IV. Электрификация ремонтных мастерских в колхозах и совхозах	244
1. Электрификация работ в механических мастерских	244
2. Электрификация работ в деревообделочных мастерских	245
Глава V. Техника безопасности при использовании электроустановок в сельском хозяйстве	248
1. Опасность электрического тока в пожарном отношении	249
2. Электрическое сопротивление тела человека и действие тока на организм	249
3. Меры защиты от прикосновения к токоведущим частям	250
4. Защита от прикосновения к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением	251
5. Защитные средства	252
6. Первая помощь пострадавшему	255
Приложения	258
Использованная литература	278

Листов Петр Николаевич

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА. М., изд-во «Колос», 1964.

279 с. (Учебники и учеб. пособия для с.-х. вузов).

УДК 631.37:621.3(075.8)

Редактор *В. М. Никитина*

Художник *Ю. А. Болгарский*

Художественный редактор *А. С. Золотцева*

Технический редактор *О. Н. Тружина*

Корректор *Д. М. Мельник*

Сдано в набор 31/III 1964 г. Подписано к печати 4/VIII 1964 г. Т. 12315. Формат 70×108¹/₁₆. Печ. л. 17,5 (23,97). Уч.-изд. л. 25,65. Изд. № 2542. Т. п. 1964 г. № 568.

Тираж 18 000 экз.

Заказ № 155. Цена 78 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31.

ул. Дзержинского, д. 4/19.

Московская типография № 16 «Главполиграф

прома» Государственного комитета

Совета Министров СССР по печати

Москва, Трёхпрудный пер., 9.