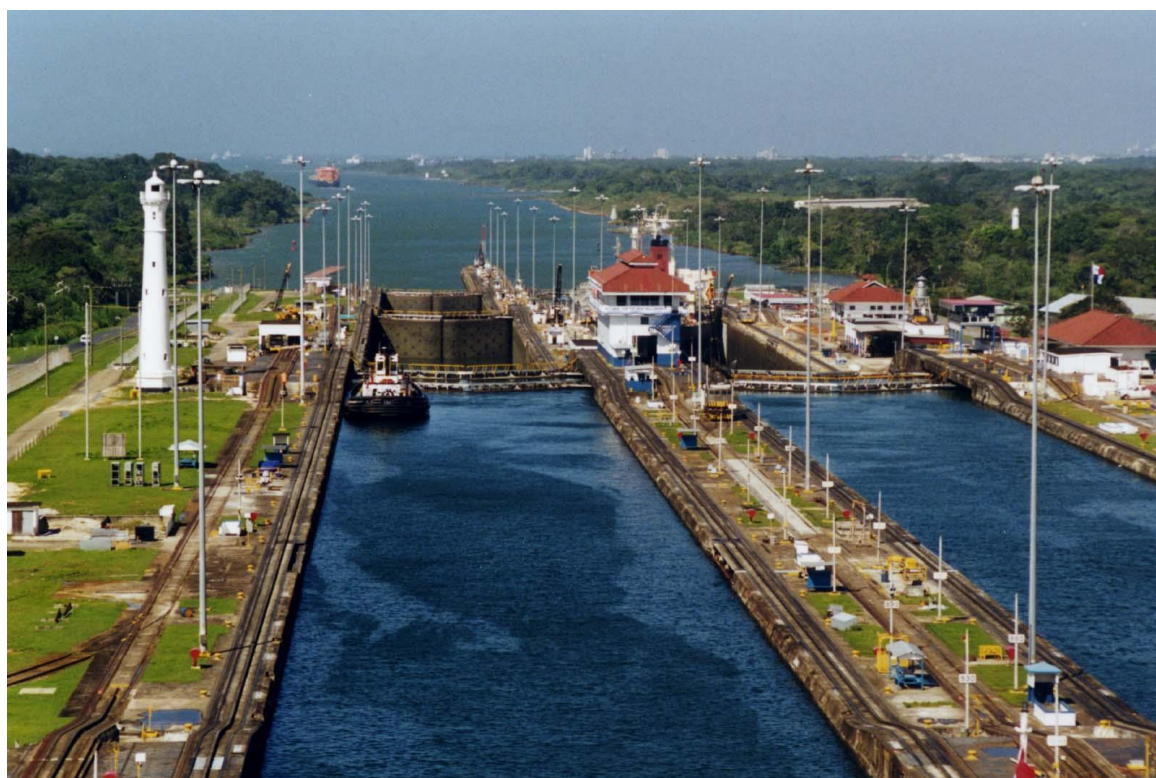


**Министерство высшего образования, науки и инноваций
Республики Узбекистан
Ташкентский архитектурно строительный университет
Факультет: «Строительство зданий и сооружений»
Кафедра: «Гидротехнические сооружения, основания и
фундаменты»**

**Методическое пособие по выполнению
практических работ
по курсу**

ВОДНЫЕ ПУТИ И ПОРТЫ



Ташкент 2023г.

Методическое пособие составлено в соответствии с программой курса «Водные пути и порты» для (заочных) бакалавров направлений: 60730900 – строительство гидротехнических сооружений.

Методика выполнения практических работ были переработаны в соответствии с современными требованиями и действующими государственными стандартами.

Составители: **А.А.Мирзаев;**
 Д.Н. Галиева.

РЕЦЕНЗЕНТЫ: **PhD К.И. Назаров.**
 Зам директора ООО «Республиканский центр инженерных изысканий и лабораторных исследований»

Рекомендовано Научно – методическим Советом Ташкентского архитектурно – строительного университета под № 3 от 26.01. 2023 г.

Методические пособия содержат рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Водные пути и порты» и предназначены для бакалавров направления «Гидротехнические сооружения»

Методика и порядок проведения практических работ описаны в практикуме с расчетом на выполнение студентами полного объема работы самостоятельно.

При составлении методического пособия предусматривалось большая простота изложения материала, чтобы работа могла служить пособием также для читателей и молодых преподавателей, а также для студентов магистратуры соответствующих специальностей гидротехническое строительство, самостоятельно изучающих курс «Водные пути и порты».

Содержание

Введение	5
Практическая работа № 1	6
Определение уровня колебания воды и его повторяемости и обеспеченности навигационных уровней	
Практическая работа № 2	12
Судоходных условий на затруднительном участке реки и их улучшение.	
Практическая работа №3	22
Расчет осевого створа.	
Практическая работа № 4	30
Расчет щелевого створа.	
Практическая работа № 5	35
Определение основных размеров шлюза.	
Практическая работа № 6	39
Определение пропускной способности шлюза.	
Практическая работа №7	43
Расчет расходов на электроэнергию для работы насосных станций двусклонного судоходного канала.	
Список используемой литературы	49

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях приведен состав исходных данных, содержание и порядок выполнения практических работ по курсу «Водные пути и порты». Практические работы включают в себя выполнения расчетно-графических работ. Исходные данные выдаются каждому студенту индивидуально.

Практическая работа оформляется отдельно, в виде пояснительной записки, которая содержит необходимые расчеты и графические материалы.

Пояснительная записка должна быть написана на листах бумаги формата А-4. При выполнении производятся все расчеты и даются необходимые пояснения.

Все графики и чертежи выполняются карандашом на миллиметровой бумаге с указанием названия, масштаба и всех необходимых размеров и обозначений.

Приступать к выполнению работы следует после внимательного ознакомления с материалами задания и методических указаний и рекомендуемой литературой.

Практическая работа № 1.

Определение уровня колебания воды и его повторяемости и обеспеченности навигационных уровней.

Цель работы: По данным наблюдений за уровнями воды и ледовыми явлениями на гидрологическом посту построить график колебания уровней воды за год, определить продолжительность физической навигации и отметить характерные уровни. Для периода физической навигации вычислить повторяемость и обеспеченность навигационных уровней воды и построить соответствующие графики.

Исходные данные: Таблица ежедневных уровней воды.

Порядок ход работы

1. Строится график колебания уровней воды.

График колебания уровней воды строится на листе миллиметровой бумаги размером А-4 (рис.1). Горизонтальный масштаб принимается равным 1 мм - 1 сутки, а вертикальный выбирается в зависимости от амплитуды колебания уровней воды, обычно 1:25, 1:50 или 1:100 (хотя может быть и крупнее при малой амплитуде колебания уровней). Рекомендуется наносить точки на график подекадно (за десятидневки), а затем соединять их плавной линией.

В верхней части графика (по условным значкам из таблицы ежедневных уровней воды) показываются фазы ледового режима: заштрихованной линией - ледостав (неподвижный ледовый покров), не заштрихованной - ледоход. После этого определяется и обозначается на графике продолжительность физической навигации $T_{\text{Физ}}$ - периода свободного от льда русла (от конца весеннего ледохода до начала осеннего ледохода).

Кроме годового хода уровней воды на графике отмечаются характерные уровни: максимальный навигационный уровень (МНУ), на низший навигационный уровень (ННУ) и проектный уровень воды (ПУ - уровень обеспеченностью 90% по кривой обеспеченности, находится в третьей части практической работы).

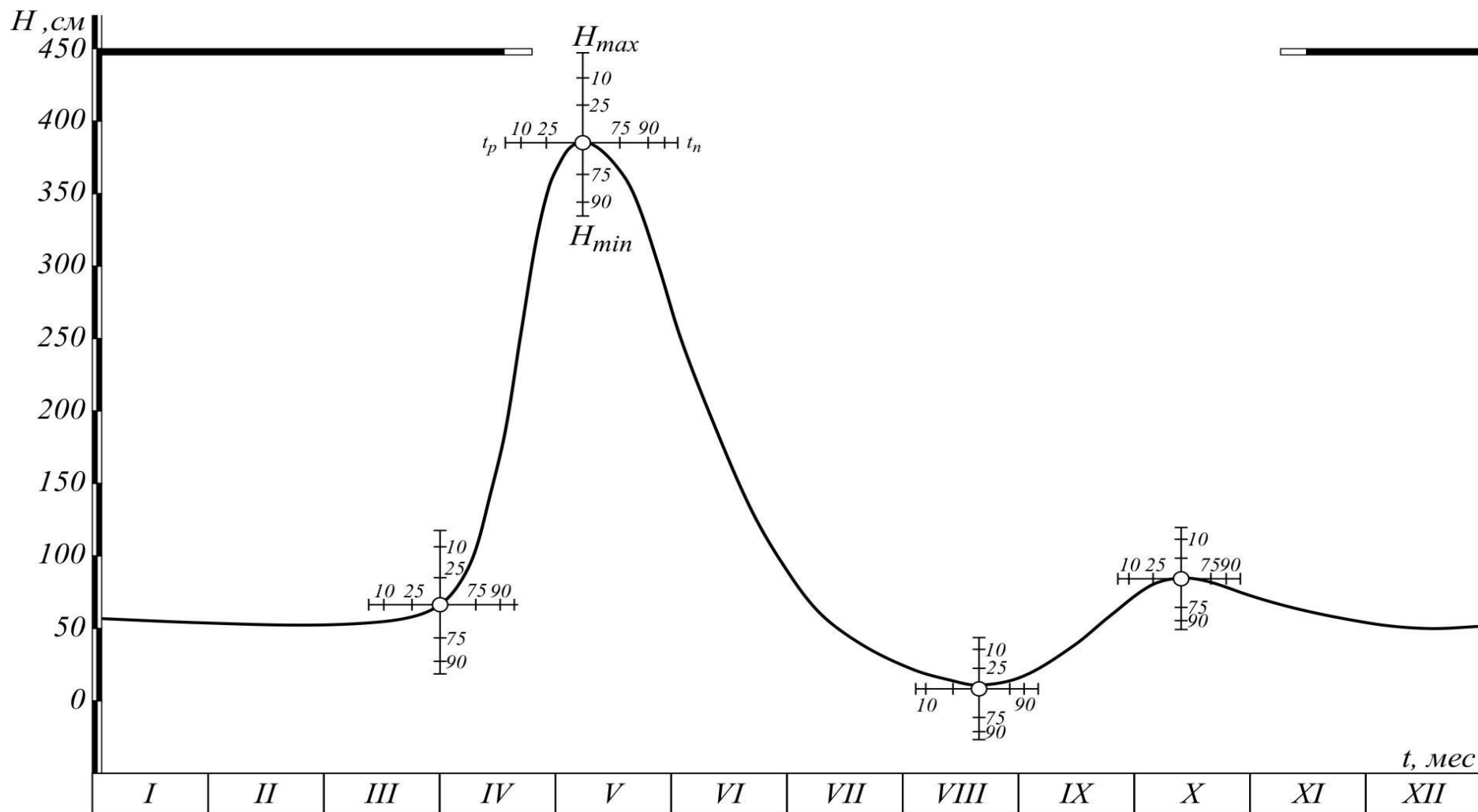


Рис. 1. График колебания уровней воды

2. Вычисление повторяемости и обеспеченности навигационных уровней воды.

Определяется амплитуда колебания навигационных уровней воды:

$$A = H_{\text{мнУ}} - H_{\text{ннУ}} \quad , \text{ см} \quad (1)$$

Амплитуда разбивается на 12-15 интервалов по 10, 20, 50 или 100 см. Для удобства построений верхний и нижний интервалы могут быть неполными, т.е. меньше величины выбранного интервала уровней воды. Границы всех интервалов выписываются в первый столбец таблице № 1 в убывающем порядке высот уровней.

Продолжительность периода физической навигации зависит от климатических условий местности, в которой находится рассматриваемый гидрологический пост, и может быть определена по таблице ежедневных уровней или по графику колебания уровней воды. Номера месяцев навигации для заданного гидрологического поста выписываются в шапку таблице № 1.

Затем для каждого месяца навигации производится «разноска» измеренных уровней воды по интервалам. В таблице ежедневных уровней воды поочередно (с первого до последнего дня месяца) рассматриваются измеренные уровни и определяется, в пределах какого интервала они оказались. При этом для каждого из интервалов подсчитывается число дней в месяце, когда на рассматриваемом гидрологическом посту наблюдались уровни воды в пределах этих интервалов, а результаты записываются в таблице № 1. Следует отметить, что если уровни воды в течение месяца изменялись незначительно, то все они могут оказаться в пределах одного или двух интервалов. С целью контроля правильности выполнения «разноски» уровней воды для каждого месяца производится суммирование полученных результатов.

Итог должен совпадать с количеством дней в месяце (может быть меньше для первого и последнего месяцев навигации) и записывается в нижнюю графу таблице № 1.

Таблица №1

Интервалы уровней, см	Месяцы навигации						Повторяемость		Обеспеченность	
	V	VI	VII	VIII	IX	X	в дн.	в %	в дн.	в %
674-650	4	-	-	-	-	-	4	2,21	4	2,21
649-600	3	-	-	-	-	-	3	1,66	7	3,87
599-550	2	-	-	-	-	-	2	1,1	9	4,97
549-500	1	-	-	-	-	-	1	0,55	10	5,52
499-450	4	-	-	-	-	-	4	2,21	14	7,73
449-400	2	-	-	-	-	-	2	1,1	16	8,83
399-350	3	-	-	-	-	-	3	1,66	19	10,49
349-300	4	-	-	-	-	-	4	2,21	23	12,7
299-250	6	2	-	8	-	-	16	8,84	39	21,54
249-200	-	28	25	10	-	16	79	43,65	118	65,19
199-184	-	-	6	13	30	14	63	34,81	181	100
Итого:	29	30	31	31	30	30	181	100	-	-

Для каждого интервала уровней воды определяется повторяемость в днях (частота), показывающая, как часто за рассматриваемый период времени (в нашем случае - $T_{\text{ФИЗ}}$) на гидрологическом посту наблюдались уровни воды в пределах данного интервала. После этого вычисляется повторяемость в процентах от продолжительности физической навигации (с точностью до 0,01%). Для проверки правильности вычислений полученные результаты складываются. Сумма частот (в днях) должна совпадать с $T_{\text{ФИЗ}}$, а сумма значений повторяемости - составлять 100,00%.

Затем для каждого интервала уровней находится продолжительность стояния (путем сложения частот) и обеспеченность (суммированием значений повторяемости) навигационных уровней воды. Производится очередной контроль правильности расчетов: для нижнего интервала уровней воды сумма значений продолжительности (в днях) по всем интервалам должна равняться $T_{\text{ФИЗ}}$, а сумма значений обеспеченности (в %) - равняться 100,00%.

3. Построение графиков повторяемости и обеспеченности навигационных уровней воды.

По данным таблице №1 на листе миллиметровой бумаги размером А-4 строятся графики повторяемости и обеспеченности навигационных уровней (рис.2). Горизонтальный масштаб принимается равным 1 см - 4%, а вертикальный - таким же, как на графике колебания уровней воды. График повторяемости представляет собой ступенчатую диаграмму, а обеспеченности - плавную кривую. При построении графиков значения повторяемости откладываются от середины интервалов уровней воды, а обеспеченности - от нижних границ интервалов.

По кривой обеспеченности определяется значение проектного уровня, которое наносится на график колебания уровней воды. При выполнении практической работы обеспеченность проектного уровня принимается равной 90%.

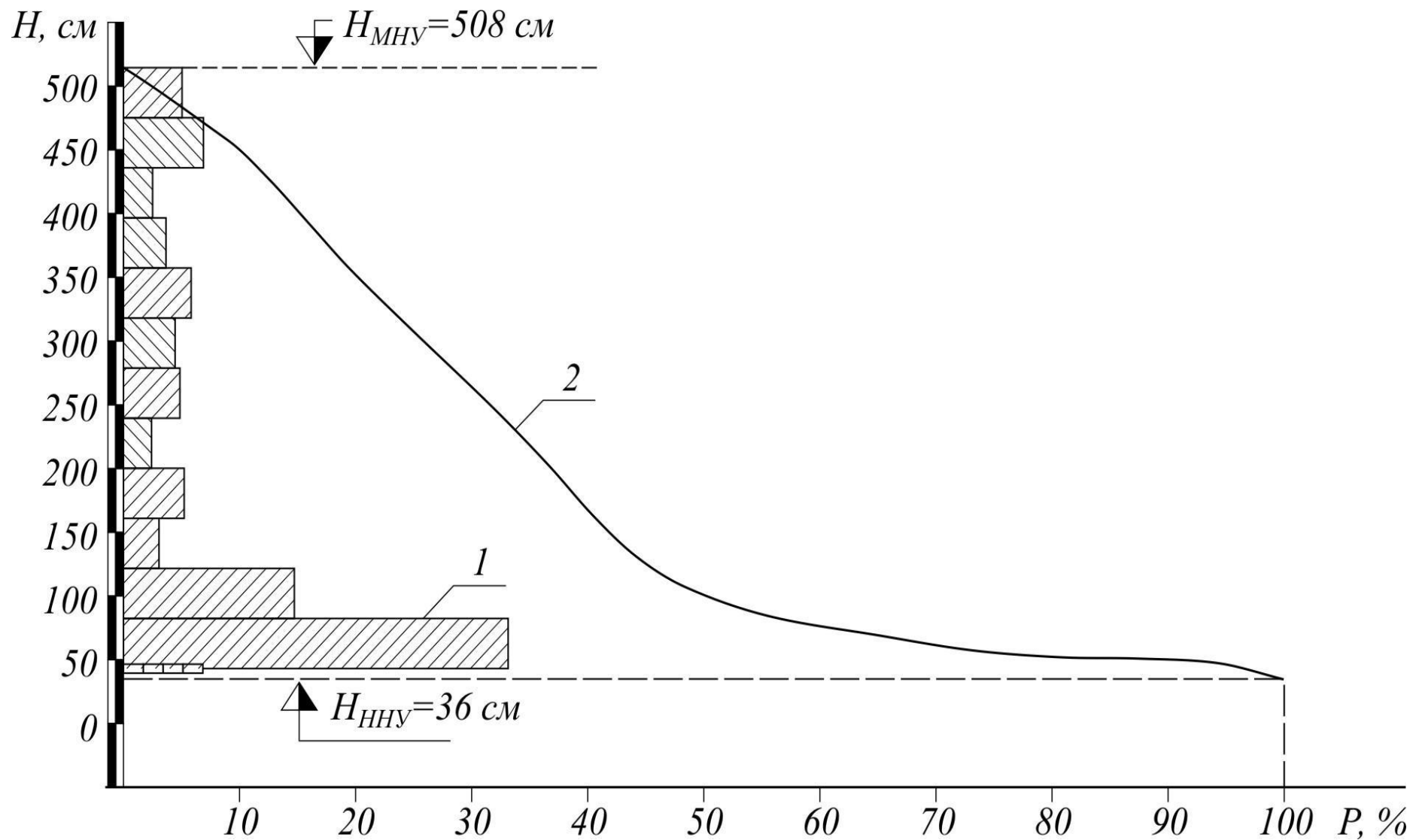


Рис. 2. График повторяемости (1) и кривая обеспеченности (2) навигационных уровней воды

Практическая работа №2.

Улучшение судоходных условий на затруднительном участке реки.

Цель работы: За трассировать дноуглубительную прорезь с целью обеспечения нормальных судоходных условий на затруднительном участке реки. Определить объем дноуглубительных работ, эксплуатационные и экономические показатели работы дно-углубительного снаряда. Расставить навигационные знаки на перекатном участке реки.

Исходные данные:

1. План участка реки в изобатах при проектном уровне.
2. Род грунта на перекате.
3. Осадка (h_{oc} , м), длина (l_c , м) и ширина (b_c , м) расчетного судна.
4. Техническая производительность дноуглубительного снаряда (Q_T , м³/ч).
5. Технологический коэффициент ($k_{TEХH}$) для переката.
6. Район работы дноуглубительного снаряда.

Порядок выполнения работы

1. Определение габаритов водного пути

1.1. Минимальная гарантированная (проектная) глубина судового хода определяется по выражению:

$$T_T = h_{oc} + \Delta h \quad , \text{ м} \quad (2)$$

где h_{oc} - осадка расчетного судна; Δh - запас воды под днищем судна.

Запас воды под днищем судна принимается согласно “Правилам плавания по внутренним водным путям”:

$$\Delta h = 0,10 - 0,20 \text{ м} \quad \text{при} \quad h_{oc} < 1,5 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0,15 - 0,25 \text{ м} \quad \text{при} \quad h_{oc} = 1,5 - 3,0 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0,20 - 0,30 \text{ м} \quad \text{при} \quad h_{oc} > 3,0 \text{ м}$$

Полученное значение гарантированной глубины судового хода округляется в большую сторону с точностью до 5 см.

1.2. Минимальная гарантированная (проектная) ширина судового хода B_{Γ} при двустороннем движении на прямолинейных участках реки:

$$B_{\Gamma} = B_1 + B_2 + 2 \cdot B_3 + B_4 \quad , \text{ м} \quad (3)$$

где B_1 и B_2 - ширина ходовой полосы расчетного судна (состава) соответственно низового и верхового направления; B_3 - запас ширины судового хода между судами (составами) и кромками судового хода; B_4 - запас ширины судового хода между встречными судами (составами).

При выполнении данной практической работы запасы по ширине судового хода учитываются при помощи численного коэффициента, и формула (3) принимает вид:

$$B_{\Gamma} = 2(B_1 + B_2) \approx 4 \cdot b_c \quad , \text{ м} \quad (4)$$

где b_c - ширина расчетного судна (состава).

Полученное значение гарантированной ширины судового хода округляется в большую сторону с точностью до 5 м.

1.3. Минимальный радиус кривизны судового хода R_{\min} определяется из условия:

$$R_{\min} \geq 3,5 \cdot l_c \quad , \text{ м} \quad (5)$$

где l_c - длина расчетного судна (состава).

Полученное значение минимального радиуса кривизны судового хода округляется в большую сторону с точностью до 10 м.

2. Определение экономических показателей разработки судоходной про-
рези.

2.1. На плане участка реки (рис.3) наводится проектная изобата, соответствующая минимальной гарантированной глубине судового хода.

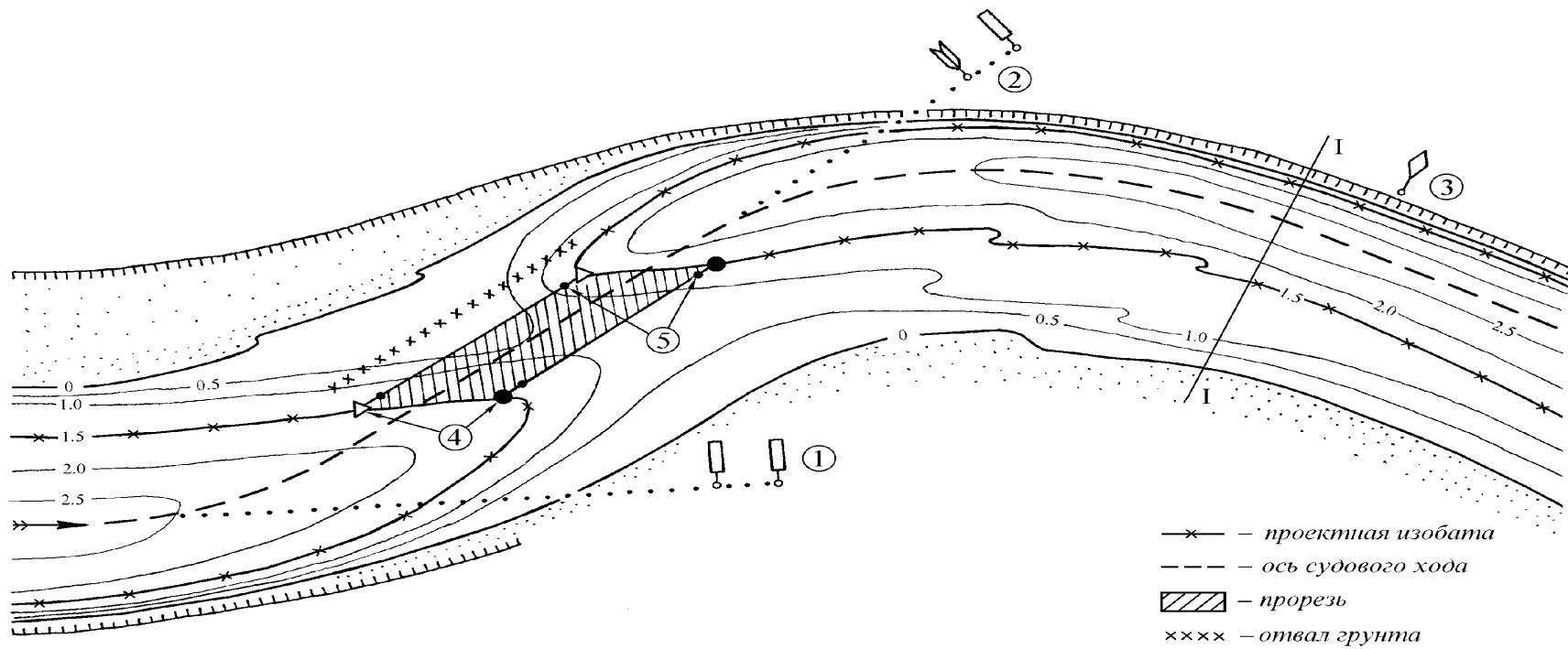


Рис. 3. План участка реки

2.2. На плане переката трассируется судоходная прорезь (если на перека-
те не выдержаны минимальные габариты пути T_{Γ} , B_{Γ} и R_{\min}) и выбирается
место для отвала грунта.

Судоходная прорезь должна отвечать следующим требованиям:

- иметь установленные габариты судового хода;
- быть удобной и безопасной для судоходства;
- иметь минимальный объем выемки грунта;
- быть устойчивой, т.е. иметь небольшой объем заносимости;
- способствовать (вместе с отвалом грунта) общему улучшению состояния переката.

Первоначально судоходная прорезь намечается по линии наибольших
глубин. Ширина прорези принимается равной гарантированной ширине судо-
вого хода $B_{\text{пр}} = B_{\Gamma}$. Радиусы кривизны судового хода на входе и на выходе
не должны быть меньше R_{\min} . В случае несоблюдения данных условий, про-
резь делают более пологой или с изломом, хотя объем работ при этом не-
сколько увеличивается.

Для разработки судоходной прорези выбирается тип земснаряда, для ко-
торого затем и выполняются все расчеты.

Перекааты, сложенные несвязными грунтами (песок, супесь, песчано-
гравийная смесь), разрабатываются преимущественно землесосами с плавучим
грунтопроводом (рефулером).

Отвал грунта от землесоса рекомендуется устраивать вдоль всей прорези,
примыкая к верхнему побочню. Расстояние от оси отвала грунта до оси судо-
ходной прорези не должно превышать $2/3$ длины рефулера (плавучий грунто-
провод изгибается под действием течения воды). При выполнении данной
практической работы предполагается, что прорезь на перекаате с несвязным
грунтом разрабатывается землесосом с рефулером длиной 300 м.

Для разработки тяжелых и связных грунтов (глины, суглинки) исполь-

зуют многочерпаковые снаряды. В этом случае грунт удаляется в отвал при помощи грунтоотвозных шаланд. Место для шаландового отвала грунта выбирается ниже по течению прорези в стороне от судового хода, где глубины достаточны для разгрузки шаланд (2 метра и более).

2.3. Определяется объем дноуглубительных работ при разработке прорези. Для этого строятся продольные профили русла по оси и кромкам судового хода (рис.4). Площадь каждого профиля подсчитывается как сумма площадей отдельных геометрических фигур или планиметром.

Полезный объем извлекаемого грунта (до проектного дна) подсчитывается по формуле:

$$V_{\text{п}} = \frac{\omega_{\text{ПР}} + 2 \cdot \omega_0 + \omega_{\text{ЛЕВ}}}{4} \cdot B_{\text{ПР}} \quad , \text{ м}^3 \quad (6)$$

где ω - площади удаляемого грунта на правой кромке, на оси и на левой кромке прорези; $B_{\text{ПР}}$ - ширина прорези, принимаемая равной $B_{\text{Г}}$.

Объем грунта, извлекаемого земснарядом вследствие неровности выработки, подсчитывается по формуле:

$$V_{\text{н}} = S_{\text{ПР}} \cdot h_{\text{н}} = L_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{ПР}} \cdot h_{\text{н}} \quad , \text{ м}^3 \quad (7)$$

где $S_{\text{ПР}}$ - площадь прорези; $L_{\text{ПР}}$ - длина прорези; $h_{\text{н}}$ - запас на неровность выработки.

Запас на неровность выработки принимается по “Технической инструкции по производству дноуглубительных работ” и зависит от рода грунта, типа земснаряда, способа его работы (перемещения по прорези) и других факторов. Землесосы при работе на прорези перемещаются преимущественно траншейным способом, а многочерпаковые снаряды - папильонажным.

При выполнении практической работы запас на неровность выработки принимается равным:

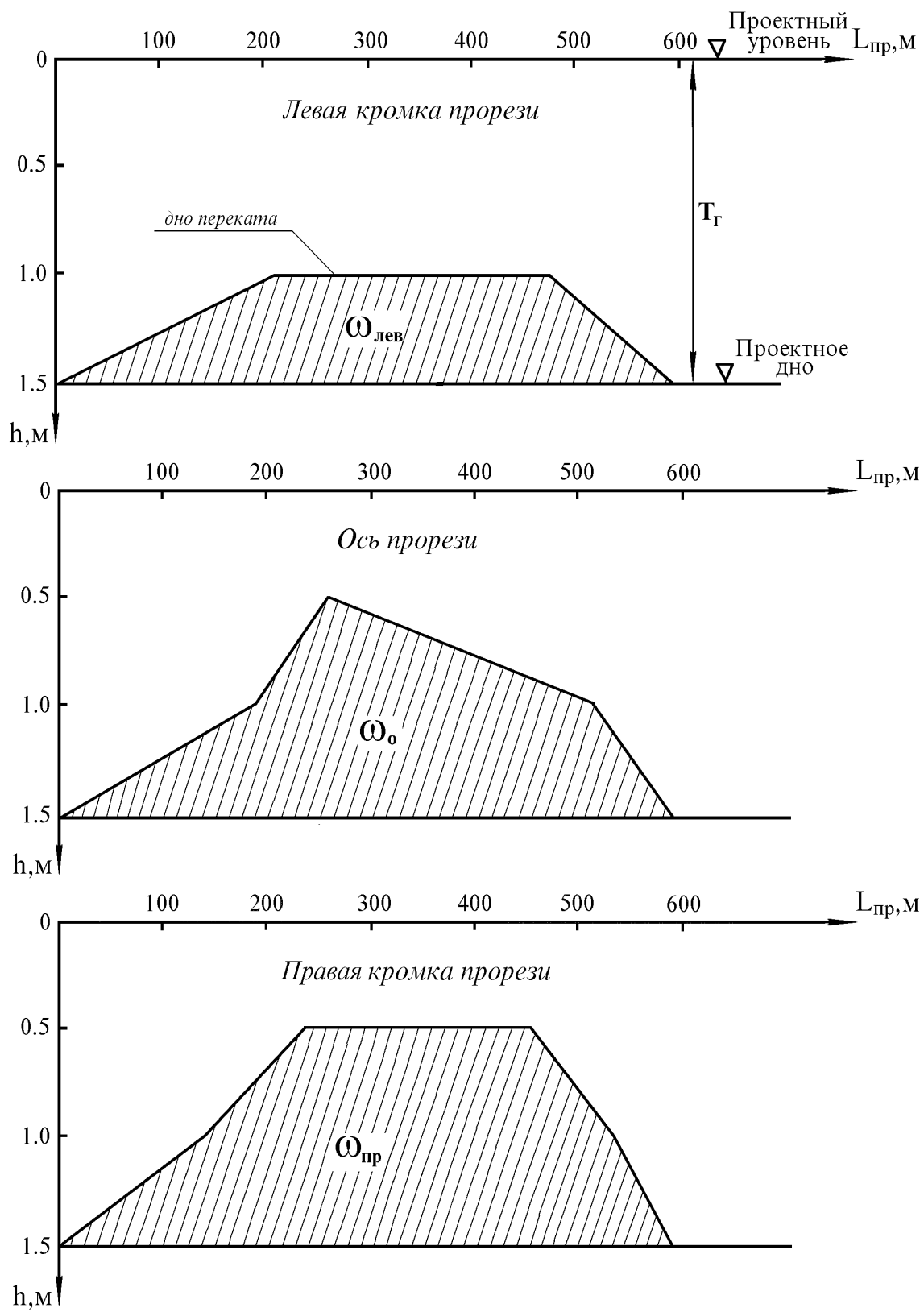


Рис. 4. Продольные профили дна по оси и кромкам прорези

- для землесосов $h_H=0,6$ м;

- для многочерпаковых снарядов с производительностью:

$$Q_T \leq 250 \text{ м}^3/\text{ч} \quad h_H=0,1 \text{ м};$$

$$Q_T > 250 \text{ м}^3/\text{ч} \quad h_H=0,2 \text{ м};$$

Полный объем грунта, извлекаемого из судоходной прорези, определяется как сумма полезного объема и объема переуглубления:

$$V = V_{\Pi} + V_H \quad , \text{ тыс. м}^3 \quad (8)$$

Полученное значение полного объема грунта округляется с точностью до 100 м³.

3. Определяется время разработки прорези земснарядом.

Технологическое время определяется по формуле:

$$T_{\text{ТЕХН}} = \frac{V}{k_{\text{ТЕХН}} \cdot Q_T} \quad , \text{ ч} \quad (9)$$

где $k_{\text{ТЕХН}}$ - технологический коэффициент, задаваемый для каждого объекта работ (переката) в зависимости от конкретных условий работы земснаряда (рода грунта, дальности его удаления, толщины снимаемого слоя и т.д.); Q_T - техническая производительность земснаряда.

В состав технологического времени входят рабочее время (в течение которого земснаряд извлекает и удаляет грунт), время всех производственных остановок (установка земснаряда на месте работы, сборка каравана для следования на другой объект работы, перекладки станového и боковых якорей и т.д.) и части периодических остановок (осмотр, смазка и мелкий профилактический ремонт механизмов, очистка грунтовых путей, пропуск судов).

Валовое время (полное время работы земснаряда):

$$T_{\text{ВАЛ}} = T_{\text{ТЕХН}} + \Delta T \quad , \text{ ч} \quad (10)$$

где ΔT - дополнительное время на буксировки, простои при заборе топли-

ва, крупный профилактический ремонт и случайные остановки (простои по метеоусловиям и при оказании помощи судам, терпящим аварию).

Дополнительное время ΔT составляет примерно 10% от технологического времени $T_{\text{ТЕХН}}$.

4. Определяется полная стоимость разработки судоходной прорези:

$$S = S_{\text{СУТ}} \cdot T_{\text{ВАЛ}} \quad , \text{ у.е.} \quad (11)$$

где $S_{\text{СУТ}}$ - суточная стоимость содержания дноуглубительного снаряда, принимаемая по табл.2 в зависимости от района работы; $T_{\text{ВАЛ}}$ - валовое время работы земснаряда в сутках.

5. Определяется себестоимость извлечения 1 м^3 грунта дноуглубительным снарядом:

$$C = \frac{S}{V} \quad , \text{ у.е./м}^3 \quad (12)$$

Таблица № 2

Тип земснаряда	$Q_{\text{т}}$, м ³ /ч	Стоимость суточного содержания земснаряда (у.е./сут.)	
		Северный район	Южный район
Землесосы	150	1 975	1 525
	300	3 250	2 050
	350	3 550	2 250
	600	5 300	4 200
Многочерпаковые снаряды	100	2 600	1 975
	150	3 425	2 175
	350	6 250	4 825

6. Расстановка навигационных знаков.

На плане участка реки показывается схема расстановки береговых и плавучих навигационных знаков. Основными навигационными знаками на реках являются береговые (створные, перевальные, ходовые и др. знаки), являющиеся более надежными, чем плавучие. Но на реках встречаются участки, где положение судового хода относительно берегов не позволяет применять береговые знаки. В таких случаях судовой ход может быть огражден только плавучими знаками.

На плесовых участках реки устанавливают, в основном, береговые навигационные знаки. Плавучие знаки устанавливают только у отдельных препятствий (камни-единцы, осередки и т.д.), если они находятся вблизи кромок судового хода. На перекатных участках для более точного указания кромок судового хода в дополнение к береговым навигационным знакам устанавливают также плавучие знаки.

При расстановке береговых навигационных знаков руководствуются следующими соображениями. Если берега отмелые и судовой ход проходит в средней части русла, он может быть обозначен последовательно установленными створами.

Судовой ход, переходящий (переваливающий) от одного приглубого берега к другому приглубому берегу, обозначается створно-перевальными или перевальными знаками, установленными по обоим концам перевала.

Судовой ход, расположенный вдоль приглубого (ходового) берега, при его значительной протяженности обозначается ходовыми знаками, причем на обоих концах ходового берега обязательно устанавливают перевальные или створно-перевальные знаки. При небольшой длине и малой кривизне ходового берега ходовые знаки не устанавливают, ограничиваясь установкой только перевальных или створно-перевальных знаков.

Если створы последовательно закрепляют ось судового хода на нескольких следующих друг за другом прямолинейных участках, необходимо так

располагать створные знаки, чтобы оси смежных створов пересекались в пределах судового хода. На криволинейных участках допускается пересечение осей створов за пределами судового хода. В этом случае устанавливается створ-тройник, один из знаков которого является общим для обоих створов. Створы-тройники разрешается устанавливать только на приглубых берегах.

Количество плавучих навигационных знаков на перекатных участках определяется в зависимости от длины корыта переката. На перекатах, длина корыта которых не превышает двойной ширины судового хода, допустима установка только двух буюв: верхнего - у верхнего побочня и нижнего - у нижнего побочня. Перекаты, длина которых больше двойной ширины судового хода, обставляются обычно тремя-четырьмя буюми: одним - двумя на входе и двумя на выходе. Знаки при этом рекомендуется ставить с некоторой сдвижкой, а не напротив друг друга. При большой длине судовой прорези (800-1000 м) количество плавучих навигационных знаков увеличивается.

На плане переката (рис.3) приводится схема расстановки навигационных знаков. Линейный створ 1 обозначает положение оси судового хода в верхней плесовой лощине. Ось судового хода на перекате обозначена створом 2, передний знак которого является створно-перевальным. Ходовой знак 3 обозначает судовой ход, расположенный в нижней плесовой лощине у левого ходового берега. Кромки судового хода на перекате дополнительно обставлены четырьмя буюми 4, которые дублируются плавучими вехами 5.

Практическая работа № 3. Расчет осевого створа.

Цель работы: определить размеры сигнальных щитов, междустворное расстояние и высоту переднего и заднего знаков осевого (линейного) створа на заданном участке реки.

Исходные данные:

1. План участка реки со схемой расстановки навигационных знаков, составленной при выполнении практической работы №2.
2. Скорость движения расчетного судна относительно берегов (V_c , м/с).
3. Длина (l_c , м) и ширина (b_c , м) расчетного судна.

Осовой (линейный) створ служит для обозначения на местности оси судового хода. Створ состоит из двух знаков (переднего и заднего), устанавливаемых на берегу на продолжении оси судового хода, причем задний знак должен быть выше переднего. Судно считается идущим по створу (оси судового хода), если оно и оба створных знака находятся на одной прямой. В этом случае судоводитель видит оба створных знака (в ночное время - оба створных огня) находящимися на одной вертикали. При уклонении судна вправо или влево знаки уже не будут на одной вертикали, что служит указанием судоводителю о необходимости изменить курс судна.

Зрительная задача по оценке взаимного расположения створных знаков (огней) решается судоводителем не абсолютно точно, а с некоторой погрешностью, которая обусловлена особенностями человеческого глаза. Судоводитель считает, что судно находится в створе не только тогда, когда знаки (огни) действительно находятся на одной вертикали, но и когда они смещены друг относительно друга на горизонтальный угол, меньший или близкий к разрешаемому углу θ . При проводке судов по осевым створам оценка расположения знаков (огней) на одной вертикали происходит с ошибкой $1 \div 1,5'$.

Таким образом, осевой створ фактически обеспечивает проводку судна не по оси судового хода, а в пределах некоторой зоны. Эта зона называется створной, а ограничивающие ее дуги - визирными кривыми. За пределами створной зоны знаки будут казаться не в створе. Для сужения створной зоны (увеличения чувствительности створа) нужно увеличить расстояние между передним и задним знаками осевого створа (междустворное расстояние).

Достоинством осевого створа считается его высокая чувствительность, позволяющая применять его на участках водного пути с узким судовым ходом. К недостаткам следует отнести затруднительность ориентировки судоводителей при расхождениях, если отсутствуют кромочные плавучие знаки. Осевые створы являются наиболее распространенными береговыми навигационными знаками на внутренних водных путях.

Порядок выполнения работы

1. По согласованию с преподавателем на плане участка реки выбирается осевой (линейный) створ, подлежащий расчету. По плану участка реки устанавливается дальность действия створа D_k - расстояние от переднего знака до наиболее удаленной (конечной) точки на оси створа (рис.5). Затем по данным табл.3 с учетом установленной дальности действия створа и в зависимости от метеорологических условий выбирают тип и размеры щитов переднего и заднего знаков осевого створа (оба знака должны быть одного типоразмера). Значение коэффициента пропускания атмосферы τ_a принимается равным 0,7 (легкая дымка). Для осевых створов могут применяться сигнальные щиты квадратной или прямоугольной формы, а также комбинированные щиты (комбинированный щит состоит из двух щитов - вертикального квадратного и наклонного трапецеидального). Сигнальные щиты выбранных размеров должны обеспечивать дальность действия створа (дальность обнаружения сигнальных щитов) не менее D_k .

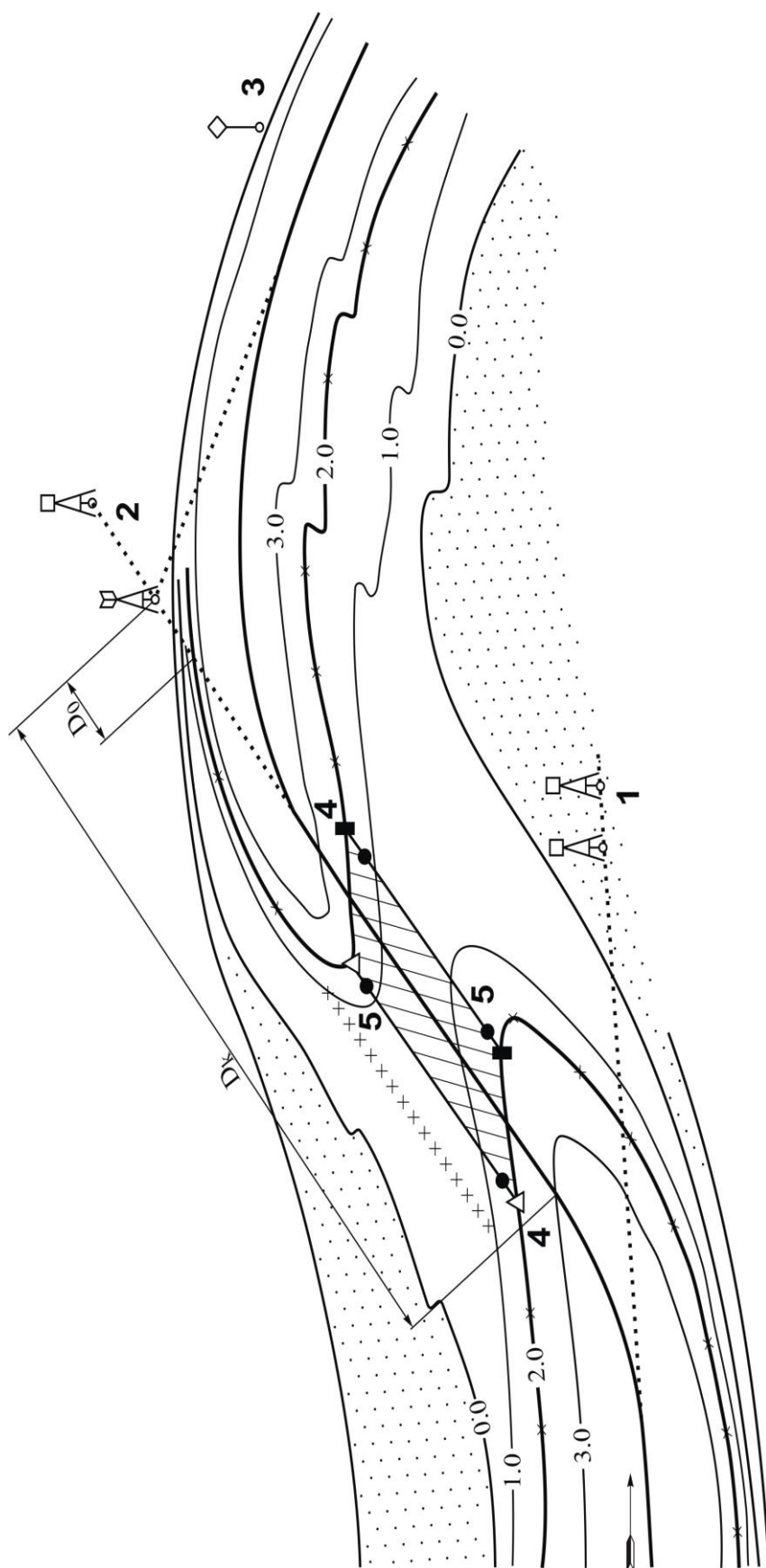


Рис. 5. Трассирование прорези и расстановка навигационных знаков на перекате с песчаным грунтом

Таблица № 3

Тип щита	Типо-размер	Форма щитов	Размеры щитов, см			Расчетная дальность действия, км, при коэффициенте пропускания атмосферы τ_a	
			Верхнее основание	Нижнее основание	Высо-та	0,7	0,84
Тип 1 (с прямоугольным щитом)	1	Квадрат	60	60	60	1	1,5
	2		100	100	100	2,2	2,9
	3		150	150	150	2,9	3,8
	4		200	200	200	3,5	4,6
	5		250	250	250	3,9	5,2
	8	Прямо-уголь-ник	140	140	320	3	4
	9		170	170	380	3,5	4,5
	11		200	200	500	4	5,5
	12		300	300	600	5	7
	13		400	400	600	6	8
Тип 5 (комбини-рованный)	1	Квадрат и тра-пеция	100	100	100	3	4
			120	290	245		
	2	То же	100	100	100	4	6
			120	420	430		

2. Определяется значение запаса на опасное уклонение расчетного судна от оси створа. Этот запас обеспечивает пространство для безопасного выполнения маневров, если судно вышло из створной зоны. В этом случае судоводитель должен изменить курс для возвращения судна в створную зону, однако после перекладки руля судно некоторое время будет двигаться по инерции неверным курсом, находясь за визирной кривой. Если бы граница створной зоны располагалась рядом с кромкой судового хода, то возникла бы опасность посадки судна на мель.

Запас на опасное уклонение судна от оси створа определяется по следующей формуле (расчетная схема осевого створа приведена на рис.б):

$$P_0 = 0.035(V_C \cdot t + l_P) + 0,57 \cdot b_c + 0.197 \cdot l_c^2 / R, \quad \text{м} \quad (13)$$

где V_C - скорость движения расчетного судна относительно берегов, м/с;

t - время движения судна по неверному курсу, принимается для пассажирских и самоходных грузовых судов 20 с, для больших

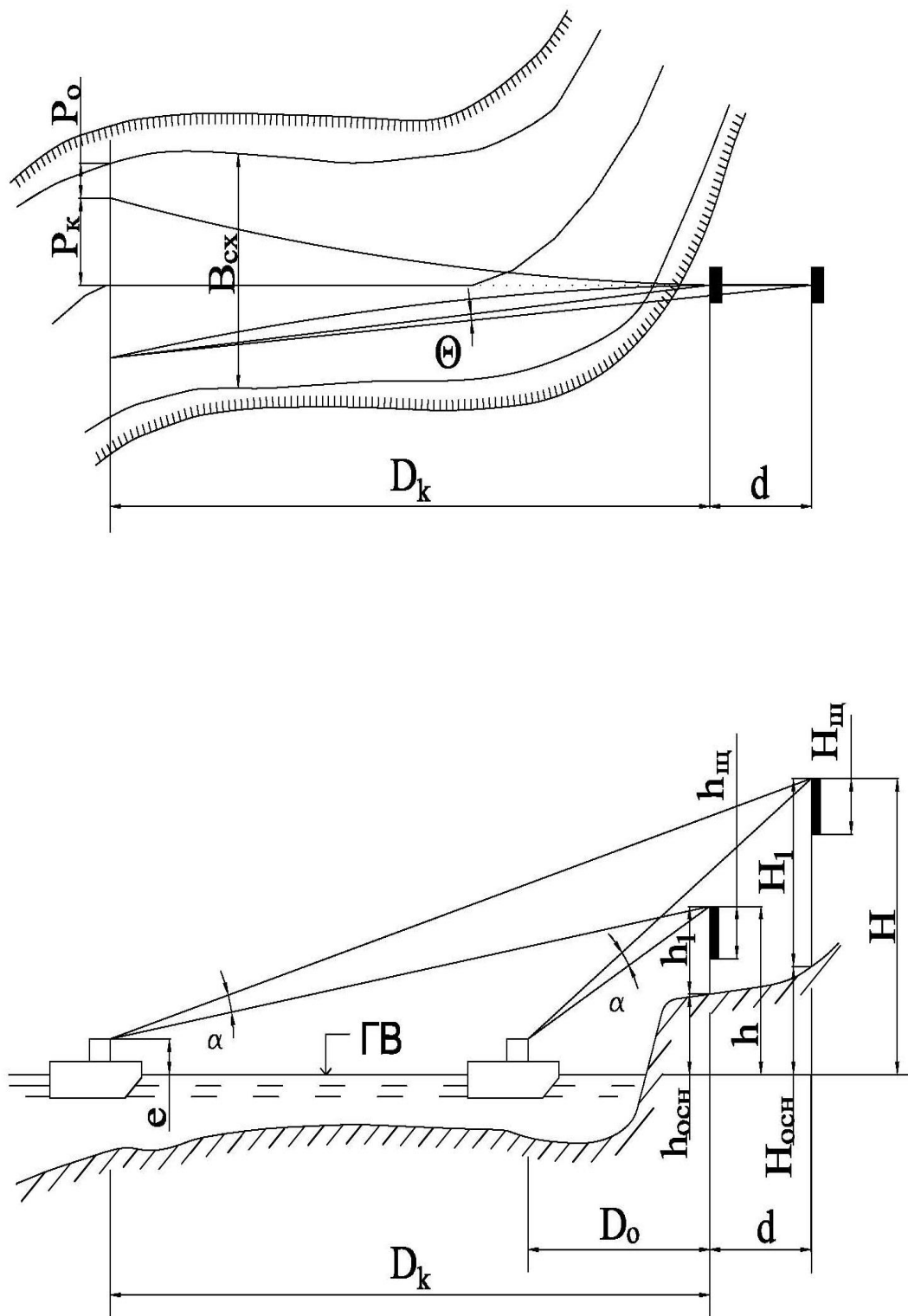


Рис.6. Расчетная схема линейного створа:
а - план; б - разрез по оси створа

толкаемых составов 50 с, для быстроходных судов на подводных крыльях 14 с (при выполнении практической работы № 3 расчет ведется для пассажирских и самоходных грузовых судов);

l_p - расстояние от форштевня до рубки управления судна, м (при выполнении практической работы № 3 принимается $l_p = 0,9 \cdot l_c$);

l_c и b_c - соответственно длина, и ширина расчетного судна, м;

R - средний радиус циркуляции судна при малых углах перекладки руля, принимаемый для водоизмещающих судов $R = 7 \cdot l_c$, для быстроходных судов на подводных крыльях – 800 м.

3. Определяется расстояние между передним и задним знаками осевого створа (междустворное расстояние d). Это расстояние должно быть таким, чтобы в конце зоны действия створа (на расстоянии D_k) по обе стороны от визирных кривых до кромок судового хода имелся запас на опасное уклонение P_0 (см. рис.6). При этом допустимое боковое уклонение судна в конечной точке ходовой части осевого створа будет равно

$$P_k = \frac{B_{c.x.}}{2} - P_0, \quad \text{м} \quad (14)$$

где $B_{c.x.}$ - фактическая ширина судового хода в конечной точке створа, м (определяется по плану участка реки).

Если ось створа в конце зоны его действия делит судовый ход на неравные части, то в формулу (14) вместо значения $B_{c.x.} / 2$ подставляется меньшее из двух расстояний от оси створа до кромки судового хода.

Междустворное расстояние для осевого створа определяется с учетом минимально допустимого горизонтального разрешаемого угла $\theta = 1,5'$

$$d = \frac{D_k^2}{2,29 \cdot p_k - D_k}, \quad \text{км} \quad (15)$$

где D_k и d выражены в километрах, а p_k - в метрах.

4. Определяются высоты переднего и заднего знаков осевого створа. При выполнении практической работы №3 дальность действия осевого створа не превышает 9 километров, поэтому при расчетах не учитываются кривизна земной поверхности и рефракция. В этом случае минимальная высота верхней кромки сигнального щита (навигационного огня) переднего знака осевого створа над расчетным уровнем воды, в качестве которого на реках принимается проектный уровень, определяется по формуле

$$h = h_1 + h_{\text{осн}}, \quad \text{м} \quad (16)$$

где h_1 - высота переднего знака относительно своего основания, м;

$h_{\text{осн}}$ - возвышение основания переднего знака над расчетным уровнем воды, определяется по плану местности (в работе №3 принимается по согласованию с преподавателем в пределах $3 \div 6$ м).

Минимальную высоту переднего знака принимают равной высоте сигнального щита с запасом Δh , равным $1 \div 2$ м (чтобы нижнюю кромку щита не заслоняла растительность)

$$h_1 = h_{\text{щ}} + \Delta h, \quad \text{м} \quad (17)$$

где $h_{\text{щ}}$ - высота щита стандартного знака, выбранная по таблица № 3, м.

При определении высоты заднего знака осевого створа следует знать, что его превышение над передним знаком должно быть достаточным для раздельной видимости их сигнальных щитов (ночью - навигационных огней). Это условие выполняется, если угол между вершинами знаков при наблюдении из любой точки створной зоны лежит в пределах от 3 до 15 угловых минут (этот угол называется вертикальным углом створа). Расчет высоты заднего знака осевого створа производится дважды: при наблюдении из дальней (на расстоянии D_k) и ближней (на расстоянии D_0 - неходовой части створа) точек ходовой части створной зоны. Окончательно принимается большее из двух полученных значений.

При наблюдении из дальней точки ходовой части створной зоны мини-

мальная высота заднего знака осевого створа над расчетным уровнем воды определяется из условия обеспечения минимального вертикального угла $\alpha = 3'$

$$H = \left(0.873 + \frac{h - e}{D_k} + 0,066 \cdot d \right) \cdot (D_k + d) + e, \quad \text{м} \quad (18)$$

где e - высота глаза судоводителя над расчетным уровнем воды (в работе №3 принимается равной 5 м).

Минимальная высота заднего знака при наблюдении из ближней точки ходовой части створной зоны определяется также по формуле (18), только вместо величины D_k подставляется D_0 . При использовании формулы (18) значения h и e подставляются в метрах, а значения D_k , D_0 и d - в километрах.

Практическая работа № 4. Расчет щелевого створа.

Цель работы: Определить размеры сигнальных щитов, междустворное расстояние, горизонтальную базу, высоту передних и заднего знаков щелевого створа на водохранилище

Исходные данные:

1. Дальность действия створа (D_k , км).
2. Длина неходовой части створа (D_0 , км).
3. Гарантированная ширина судового хода (B_r , м).
4. Скорость движения расчетного судна относительно берегов (V_c , м/с).
5. Длина (l_c , м) и ширина (b_c , м) расчетного судна.

Щелевой створ – это система из трех береговых навигационных знаков (навигационных огней) для обозначения на местности положения оси судового хода и его кромок. Знаки щелевого створа расположены в вершинах равнобедренного треугольника. Два передних знака располагаются на прямой линии, перпендикулярной продолжению оси судового хода, и отстоят от нее на одинаковом расстоянии. Третий знак (задний) расположен на продолжении оси судового хода симметрично относительно передних. Задний знак принято называть ведущим, а передние – ограничительными.

При нахождении судна на оси судового хода судоводитель видит задний знак посередине между передними. Если судно уклонилось от оси судового хода, но находится в пределах створной зоны, расстояние между задним знаком и одним из передних уменьшается. При выходе судна из створной зоны исчезает видимый зазор между щитами (огнями) заднего и одного из передних знаков. Следует отметить, что створные зоны ночного створа (створа огней) и дневного створа (створа знаков) не совпадают. Ночной створ имеет более широкую зону, чем дневной, поэтому с точки зрения безопасности судоходства основным следует считать расчет ночного створа (схема расчета

ночного щелевого створа, который производится при выполнении практической работы №4, показана на рис.7).

Щелевые створы менее чувствительны по сравнению с осевыми, поэтому их применяют гораздо реже. Щелевые створы главным образом используются на крупных водохранилищах и озерах при большой ширине судового хода и имеют дальность действия до 20 километров и более.

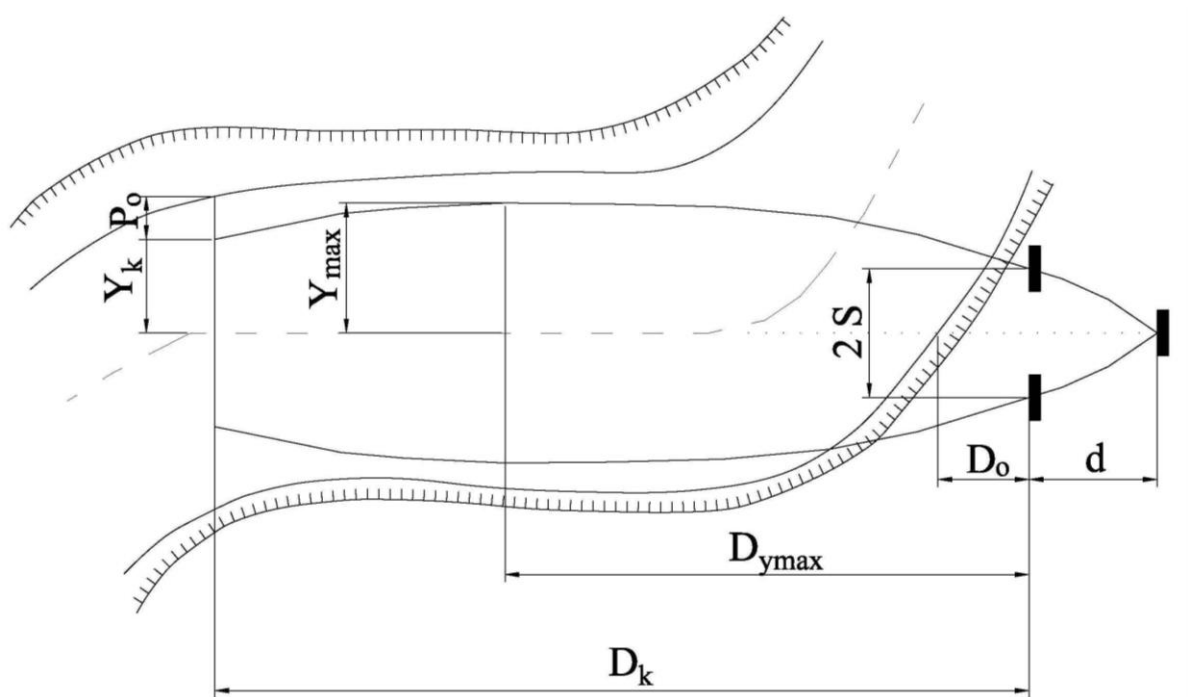


Рис 7. Расчетная схема щелевого створа

Порядок выполнения работы

1. Знаки щелевых створов имеют сигнальные щиты прямоугольной формы. При дальности действия створов более 9 километров площадь щитов, необходимая для их уверенного различения судоводителями, должна равняться сотням квадратных метров. Сооружение таких крупных знаков неэкономично, т.к. при этом приходится возводить громоздкие и сложные конструкции. Поэтому принято в большинстве случаев использовать для больших расстояний сигнальные щиты, угловой размер которых по высоте равен двум угловым минутам, а по ширине – одной угловой минуте. При этом высота $h_{щ}$ и

ширина $b_{щ}$ щитов щелевого створа определяются по формулам

$$h_{щ} = 0,58 \cdot D_k, \quad \text{м} \quad (19)$$

$$b_{щ} = 0,29 \cdot D_k, \quad \text{м} \quad (20)$$

Значение дальности действия створа D_k подставляется в формулы (19) и (20) в километрах. Щиты указанных размеров видны на заданные расстояния в светлое время суток при высокой прозрачности атмосферы.

2. Допустимое боковое уклонение в конечной точке действия створа рассчитывается по формуле

$$y_k = \frac{B_{с.х.}}{2} - P_0, \quad \text{м} \quad (21)$$

При выполнении практической работы №4 в качестве фактической ширины судового хода $B_{с.х.}$ в формулу (21) подставляется гарантированная ширина судового хода B_r . Запас на опасное уклонение расчетного судна от оси створа P_0 определяется по формуле (13) также как при расчете осевого створа.

Минимальное расстояние между передними огнями створа $2 \cdot S$, называемое горизонтальной базой щелевого створа, определяется из условия раздельной видимости всех трех огней при наблюдении их из дальней точки ходовой части створа, причем угол между огнями передних знаков должен быть не менее $7'$, тогда (значение D_k подставляется в километрах)

$$2 \cdot S = 2,04 \cdot D_k, \quad \text{м} \quad (22)$$

При незначительном вертикальном угле между верхними кромками щитов (огнями) передних и заднего знаков $\alpha = 0,5 \div 1,0'$ значение разрешаемого угла для щелевого створа может быть принято $\theta = 0,7'$. С учетом этого междустворное расстояние при заданной дальности действия створа D_k и допустимом боковом уклонении y_k определяется по формуле

$$d = \frac{D_k (S - 0,21 \cdot D_k)}{y_k - S + 0,21 \cdot D_k}, \quad \text{км} \quad (23)$$

S и y_k подставляются в формулу (23) в метрах, а D_k - в километрах.

3. По мере удаления от передних знаков створа ширина створной зоны и значения бокового уклонения сначала увеличиваются, достигая на некотором расстоянии $D_{y_{\max}}$ наибольшего значения y_{\max} , а затем вновь уменьшаются. Если ширина створной зоны окажется максимальной на расстоянии меньшем, чем D_k , то щелевой створ может не обеспечить безопасного судоходства из-за того, что визирные кривые будут проходить слишком близко к кромкам судового хода или даже уходить за них. Поэтому при расчете щелевого створа необходимо определить значение $D_{y_{\max}}$, а также соответствующее ему боковое уклонение y_{\max} и проверить, допустимо ли оно. Для этого используются формулы (при $\theta = 0,7'$)

$$D_{y_{\max}} = \frac{1}{2}(4,9 \cdot S - d), \quad \text{км} \quad (24)$$

$$y_{\max} = (4,9 \cdot S + d)^2 \frac{0,051}{d}, \quad \text{м} \quad (25)$$

В формулы (24) и (25) S подставляется в метрах, а d - в километрах.

В случае, когда $D_{y_{\max}} < D_k$ необходимо проверить условие

$$P_o \leq \frac{B_{\text{с.х.}}}{2} - y_{\max} \quad (26)$$

Если условие (26) не выполняется, то следует произвести расчет щелевого створа заново, увеличив значение междустворного расстояния d .

4. Высота передних знаков щелевого створа при дальности действия более 9 километров определяется с учетом кривизны земной поверхности и рефракции, чтобы на пределе дальности действия створа над горизонтом вышались весь щит. Высота верхних кромок сигнальных щитов передних знаков над расчетным уровнем воды (на водохранилищах в качестве расчетного принимается нормальный подпорный уровень) определяется по формуле

$$h = h_{\text{щ}} + (0,257 \cdot D_k - \sqrt{e})^2, \quad \text{м} \quad (27)$$

Высота сигнального щита $h_{щ}$ и высота глаза судоводителя над расчетным уровнем воды e подставляются в формулу (27) в метрах, а дальность действия створа D_k - в километрах.

При расчете высоты заднего знака щелевого створа нет необходимости обеспечивать вертикальный угол между вершинами передних и заднего знаков $\alpha = 3'$. В принципе, допустимо, чтобы высоты всех трех знаков были равны. В этом заключается одно из преимуществ щелевого створа по сравнению с осевым, т.к. нет надобности строить задний знак больших размеров. Обычно при расчетах задний знак делают несколько выше передних и принимают вертикальный угол $\alpha = 0,5 \div 1,0'$, чтобы можно было в светлое время суток отличить задний знак от передних. Минимальная высота верхней кромки сигнального щита (навигационного огня) заднего знака над расчетным уровнем воды (при $\alpha = 0,5'$) определяется для дальней точки створа по формуле (28)

$$H = \left(0,145 + \frac{h - e}{D_k} + 0,066 \cdot d \right) (D_k + d) + e, \quad \text{м} \quad (28)$$

Для определения H при наблюдении из ближней точки створа D_k в формуле (28) нужно заменить на D_0 - длину неходовой части створа. Значения h и e подставляются в формулу (28) в метрах, а D_k , D_0 и d - в километрах. Из двух полученных значений H выбирается большее.

Практическая работа № 5. Определение основных размеров шлюза.

Цель работы: определить основные размеры судоходного однокамерного шлюза с головной системой питания, его пропускную способность и ориентировочную стоимость строительства.

Исходные данные:

1. Осадка (h_{oc} , м), длина (l_c , м) и ширина (b_c , м) расчетного судна.
2. Число судов в камере шлюза: по длине (n) и по ширине (n_1).
3. Плановая грузоподъемность судна (P , т).
4. Напор воды на камеру шлюза ($H_{шл}$, м).
5. Длительность навигации ($T_{нав}$, сут.).
6. Длина подходного канала ($L_{пк}$, м).
7. Длина участка подходного канала к шлюзу, предназначенного для расхождения судов (l_2 , м).

Порядок выполнения работы

1. Определяются основные размеры судоходного шлюза.

Судоходный шлюз — это напорное гидротехническое сооружение, предназначенное для преодоления судами разницы уровней воды (напора) на гидроузле при переходе из одного бьефа в другой.

Основными конструктивными частями судоходного шлюза являются верхняя и нижняя головы, расположенная между ними камера, верхний и нижний подходные каналы, примыкающие к соответствующим головам шлюза (рис.8).

Головы шлюза поддерживают разность уровней воды между бьефами и камерой при ее наполнении и опорожнении, в них размещены оборудование, механизмы, водопроводные системы, пульта управления.

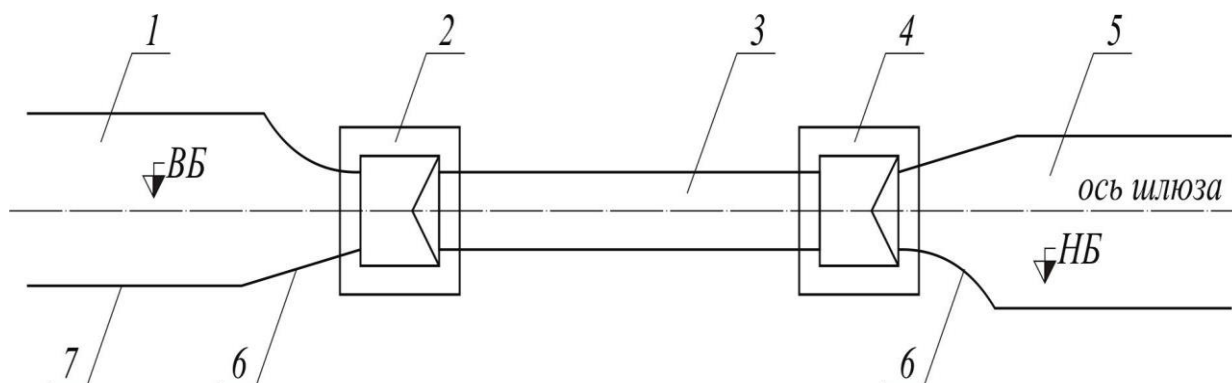


Рис. 8. Схематический план шлюза:

1 – верхний подходный канал; 2 – верхняя голова; 3 – камера шлюза; 4 – нижняя голова; 5 – нижний подходный канал; 6- направляющие палы; 7- причальная стенка.

В камере находятся суда при шлюзовании. От верхнего и нижнего бьефов камера отделена воротами, с боков ограничена стенами, на которых расположены причальные устройства для швартовки судов.

Подходные каналы, примыкающие к головам шлюза, предназначены для расхождения судов при входе в камеру и выходе из нее, а также безопасного отстоя судов, ожидающих шлюзования у причальных стенок. Для обеспечения плавного входа судов в отверстия голов шлюза устраиваются направляющие палы, которые имеют в плане вид криволинейных стен.

Основными габаритами шлюза являются полезные размеры камеры: длина, ширина и глубина на порогах верхней и нижней головы.

1.1 Полезная длина камеры шлюза:

$$L_{\text{шл}} = n \cdot l_C + (n + 1)\Delta l \quad , \text{ м} \quad (29)$$

где l_C - длина расчетного судна, м; n - число судов, одновременно размещаемых по длине камеры; Δl - запас по длине в каждом конце камеры шлюза и между отдельными судами, м:

$$\Delta l = 2 + 0,03 \cdot l_C \quad , \text{ м} \quad (30)$$

1.2. Полезная ширина камеры шлюза:

$$B_{\text{шл}} = n_1 \cdot b_C + (n_1 + 1)\Delta b_C \quad , \text{ м} \quad (31)$$

где b_C - ширина расчетного судна, м; n_1 - число судов, одновременно размещаемых по ширине камеры; Δb_C - запас по ширине камеры, м.

Запасы по ширине камеры шлюза принимаются согласно “Правилам плавания по внутренним водным путям” в следующих размерах:

$\Delta b_C = 0,2$ м	при	$b_C \leq 10$ м
$\Delta b_C = 0,4$ м	при	$b_C \leq 18$ м
$\Delta b_C = 0,75$ м	при	$b_C \leq 30$ м
$\Delta b_C = 1,0$ м	при	$b_C > 30$ м

1.3. Глубина на порогах шлюза.

По конструктивным соображениям глубины на порогах верхней и нижней головы иногда бывают меньше, чем глубина в пределах камеры шлюза. Поэтому, говоря о глубине шлюза, подразумевают глубину на порогах, принимаемую равной

$$h_{\Pi} \geq 1,3 \cdot h_{OC} \quad , \text{ м} \quad (32)$$

где h_{OC} - осадка расчетного судна, м.

Коэффициент 1,3 учитывает необходимый запас глубины под днищем судна, который должен быть не менее 25 см при глубине до 2,5 м и не менее 40 см при глубинах более 2,5 м

Глубина на пороге шлюза отсчитывается от расчетного на низший судоходный уровень.

Полученные значения $L_{\text{шл}}$, $B_{\text{шл}}$ и h_{Π} округляют в большую сторону до ближайших рекомендуемым сочетаний основных габаритов шлюза (согласно указаниям по проектированию судоходных шлюзов), которые приведены в таблица № 4.

Таблица № 4

Отношение полезной ширины камеры шлюза к полезной длине, м	$\frac{37}{400}$	$\frac{37}{300}$	$\frac{30}{300}$	$\frac{20}{300}$	$\frac{20}{150}$	$\frac{18}{150}$	$\frac{15}{150}$	$\frac{15}{100}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{8}{50}$	$\frac{6}{35}$
Глубина на порогах шлюза, м	6,0	6,0	6,0	5,5	5,5	5,5	4,0	3,0	3,0	3,0	2,0
	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	3,5	2,5	2,5	2,5	1,5
	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0
	-	-	-	4,0	4,0	4,0	-	-	1,5	1,5	-

2. Определение примерной стоимости строительства шлюза.

Ориентировочная стоимость постройки судоходного шлюза определяется по объему «приведенного бетона».

Объем «приведенного бетона» приблизительно вычисляется по формуле:

$$V_B = 10 \cdot (H_{\text{шл}} + h_{\text{п}} + 1,5) \sqrt{B_{\text{шл}}} (125 + L_{\text{шл}}) \quad , \text{ м}^3 \quad (33)$$

Полная стоимость судоходного шлюза приблизительно может быть определена по выражению:

$$S_{\text{шл}} = K_B \cdot V_B \cdot C_B \quad , \text{ млн.у.е.} \quad (34)$$

где $K_B=2,1$ - коэффициент, учитывающий затраты на строительство объектов вспомогательного назначения и прочие расходы; C_B - стоимость 1 м^3 бетона, принимая равной 500 у.е.

Практическая работа № 6

Расчет пропускной способности шлюза

Цель работы: Определить о пропускную способность и ориентировочную стоимость строительства.

Исходные данные:

1. Осадка (h_{oc} , м), длина (L_C , м) и ширина (b_C , м) расчетного судна.
2. Число судов в камере шлюза: по длине (n) и по ширине (n_1).
3. Плановая грузоподъемность судна (P , т).
4. Напор воды на камеру шлюза ($H_{шл}$, м).
5. Длительность навигации ($T_{нав}$, сут.).
6. Длина подходного канала ($L_{ПК}$, м).
7. Длина участка подходного канала к шлюзу, предназначенного для расхождения судов (l_2 , м).

Судопроепускная способность шлюза — это максимально возможное количество расчетных судов, которое может пропустить шлюз в единицу времени. За единицу времени могут быть приняты сутки, месяц или навигация.

Грузопропускная способность шлюза — это максимально возможное количество массы груза в тоннах, которое может пропустить шлюз в единицу времени.

1. Определяется время, затрачиваемое на пропуск одного расчетного судна при одностороннем движении судов через шлюз, называемое временем одностороннего шлюзования T_1 :

$$T_1 = 2t + 4t_B + t_y + t_{BX} \quad , \text{ с} \quad (35)$$

Время наполнения или опорожнения камеры шлюза t определяется по приближенной формуле:

$$t = \alpha_0 \sqrt[3]{H_{шл} \cdot L_{шл} \cdot B_{шл}} \cdot 60 \quad , \text{ с} \quad (36)$$

где α_0 - коэффициент, принимаемый равным 0,27.

Время открытия или закрытия ворот t_B принимается в пределах от 120 до 180 с, а время на учалку судов t_y - 120 с.

Время, затрачиваемое судном на вход в шлюз $t_{ВХ}$ и выход из шлюза $t_{ВЫХ}$, определяется по формулам:

$$t_{ВХ} = \frac{L_{ВХ}}{V_{ВХ}} \quad , \text{ с} \quad (37)$$

$$t_{ВЫХ} = \frac{L_{ВЫХ}}{V_{ВЫХ}} \quad , \text{ с} \quad (38)$$

Скорость движения судов при входе в шлюз принимается равной $V_{ВХ} = 1,0$ м/с, а при выходе - $V_{ВЫХ} = 1,4$ м/с.

Длины путей входа и выхода при одностороннем движении судов находятся по выражениям:

$$L_{ВХ} = 1,4 \cdot L_{ПК} \quad , \text{ м} \quad (39)$$

$$L_{ВЫХ} = 1,1 \cdot L_{ПК} \quad , \text{ м} \quad (40)$$

2. Определяется время, затрачиваемое на пропуск одного расчетного судна при двустороннем движении судов через шлюз, называемое временем двустороннего шлюзования T_2 :

$$T_2 = 0,5(2t + 4t_B + 2t_y + 2t_{ВХ} + 2t_{ВЫХ}) \quad , \text{ с} \quad (41)$$

Значения t , t_B и t_y принимаются такими же, как при расчете времени одностороннего шлюзования. Затраты времени на вход и выход судов определяются по формулам (37) и (38) соответственно, но длины путей входа и выхода при двустороннем движении судов принимаются равными и находятся по выражению:

$$L_{ВХ} = L_{ВЫХ} = 1,4 \cdot L_{ПК} + l_2 + l_C \quad , \text{ м} \quad (42)$$

3. Находится судопропускная способность шлюза в сутки при его круглосуточной работе.

При выполнении практической работы считается, что за одно шлюзование пропускается одно расчетное судно. Расчетное число шлюзований (расчетных судов) в сутки определяется по формуле:

$$n_{\text{шл}} = \frac{86400 \cdot (\varphi_{\text{п}} + \alpha \cdot \varphi_0)}{T_1 \cdot (\varphi_{\text{п}} + \alpha \cdot \varphi_0) + T_2 \cdot 2\alpha \cdot \varphi_0}, \quad \frac{\text{ШЛЮЗ}}{\text{СУТКИ}} \quad (43)$$

где 86400 - число секунд в сутках; $\varphi_{\text{п}}$ - коэффициент неравномерности движения судов прямого направления по времени, принимаемый равным 1,2÷1,3; φ_0 - коэффициент неравномерности движения судов обратного направления по времени, принимаемый в пределах 1,1÷1,2; α - коэффициент неравномерности движения судов в прямом и обратном направлениях, принимаемый в пределах 0,8÷1,0; T_1 и T_2 - время шлюзования при одностороннем и двустороннем движении судов в секундах.

4. Определяется судопропускная способность шлюза за навигацию.

4.1. Техническая возможная судопропускная способность шлюза определяется при круглосуточной работе шлюза в течение времени всей навигации $T_{\text{НАВ}}$:

$$N_{\text{Т}} = n_{\text{шл}} \cdot T_{\text{НАВ}}, \quad \frac{\text{СУДОВ}}{\text{НАВИГАЦИЮ}} \quad (44)$$

4.2. Действительная судопропускная способность шлюза определяется с учетом:

- неравномерности подхода судов к шлюзу в течение навигации;
- неполного заполнения площади зеркала камеры шлюза судами (т.к. могут шлюзоваться суда, отличные от расчетных);
- неполного использования для работы времени суток.

$$N_{\text{д}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot N_{\text{Т}}, \quad \frac{\text{СУДОВ}}{\text{НАВИГАЦИЮ}} \quad (45)$$

где η_1 - коэффициент неравномерности подхода судов к шлюзу:

$$\eta_1 = \frac{1 + \alpha}{\varphi_{\Pi} + \alpha\varphi_0}$$

$\eta_2 = (0,85 \div 0,95)$ - коэффициент использования площади зеркала камеры шлюза;

η_3 - коэффициент использования шлюза по времени:

$$\eta_3 = \frac{T_{\text{РАБ}}}{24} = 0,96$$

Время работы шлюза $T_{\text{РАБ}}$ принимается равным 23 часам (с учетом работ по профилактике).

5. Определяется грузопропускная способность шлюза.

5.1. Технически возможная грузопропускная способность шлюза P_T , определяемая при круглосуточной работе шлюза в течение всей навигации и пропуске через шлюз расчетных судов с полной загрузкой

$$P_T = n_{\text{ШЛ}} \cdot P \cdot T_{\text{НАВ}} = P \cdot N_T, \quad \frac{\text{ТОНН}}{\text{навигацию}} \quad (46)$$

где P - плановая грузоподъемность судна,

5.2. Действительная грузопропускная способность шлюза находится при его круглосуточной работе с учетом:

- неравномерности подхода судов к шлюзу в течение всей навигации;
- пропуска через шлюз судов, отличных от расчетных (порожных, пассажирских, служебных, прочего флота);
- неполного использования грузоподъемности судов.

$$P_{\text{Д}} = \eta_1 \cdot \eta_4 \cdot \delta \cdot P_T, \quad \frac{\text{ТОНН}}{\text{навигацию}} \quad (47)$$

где $\eta_4 = (0,7 \div 0,8)$ - коэффициент, учитывающий долю грузовых судов в общем числе судов, пропущенных через шлюз за навигацию;

$\delta = (0,85 \div 1,0)$ - коэффициент использования грузоподъемности судов.

Практическая работа № 7.

Расчет расходов на электроэнергию для работы насосных станций двусклонного судоходного канала.

Цель работы: определяется навигационная потребность канала в воде, для чего находится объем воды, потребный на шлюзование, и потери на фильтрацию, испарение и утечки воды через уплотнения ворот и затворов гидротехнических сооружений. Вычисляется время работы и мощность насосных станций канала. Определяются затраты на электроэнергию, необходимую для питания канала водой.

Исходные данные:

1. Длина судоходного канала ($L_{\text{КАН}}$, км).
2. Род грунта, слагающего ложе канала.
3. Длительность навигации ($T_{\text{НАВ}}$, сут.)
4. Осадка ($h_{\text{ОС}}$, м) и ширина ($b_{\text{С}}$, м) расчетного судна.
5. Количество гидроузлов канала, имеющих в своем составе насосные станции ($n_{\text{Т}}$).
6. Напор воды на гидроузле ($H_{\text{ШЛ}}$, м).
7. Ширина ($B_{\text{ШЛ}}$, м) и длина ($L_{\text{ШЛ}}$, м) камеры шлюза.
8. Суточное количество шлюзований ($n_{\text{ШЛ}}$).
9. Коэффициент использования сливной призмы ($k_{\text{СЛ}}$).
10. Производительность насосной станции ($Q_{\text{Н}}$, м³/с).

Порядок выполнения работы

1. Определение навигационной потребности канала в воде.

Питание водой судоходного канала должно обеспечивать поддержание гарантированных глубин на трассе канала и восполнять расходы воды на шлюзование и потери. Оно может быть естественным (на открытых и одно-

склонных каналах) и искусственным (механическим или самотечным, когда на водоразделе создается водохранилище). В данной практической работе предполагается, что производится механическое питание канала путем подачи воды в водораздельный бьеф насосными станциями.

Водный баланс водораздельного судоходного канала складывается из расходов на потребление (шлюзование и потери воды на фильтрацию, испарение и утечку через неплотности в сооружениях) и расхода притока (обеспечиваемого в нашем случае при помощи насосных станций). Для бесперебойной работы судоходного канала необходимо, чтобы в течение всей навигации расход притока для каждого из бьефов канала был больше или равен суммарному расходу потребления. Исходя из этого, общий объем воды, подаваемый насосными станциями в водораздельный бьеф за период навигации для питания двусклонного канала, будет определяться следующим выражением:

$$V_B = 2V_{\text{шл}} + 2V_{\text{упл}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{исп}} \quad , \text{ м}^3 \quad (48)$$

где V_B - общий объем воды, перекачиваемый насосными станциями для питания канала; $V_{\text{шл}}$ - объем воды, расходуемый на шлюзование (для двусклонного канала $V_{\text{шл}}$ удваивается); $V_{\text{упл}}$ - потери воды вследствие утечек в уплотнениях ворот и затворов нижней головы шлюза (для двусклонного канала $V_{\text{упл}}$ удваивается); $V_{\text{ф}}$ - потери воды на фильтрацию в грунт; $V_{\text{исп}}$ - объем испарившейся с поверхности канала воды.

1.1. Объем воды на шлюзование зависит от плановых размеров камеры шлюза, напора на гидроузле, количества шлюзований за навигацию и организации судопропуска.

При одинаковой судопропускной способности шлюзов больше воды потребует тому шлюзу, у которого больше число односторонних шлюзований (суда шлюзуются в одном направлении: из нижнего бьефа в верхний или из верхнего в нижний), когда на одно шлюзование расходуется одна сливная призма. Поэтому для экономии воды стремятся организовать судопропуск таким образом, чтобы увеличить долю двусторонних шлюзований (суда пооче-

редно шлюзуются из нижнего бьефа в верхний и тут же из верхнего в нижний или наоборот), когда одна сливная призма расходуется на два шлюзования. Расчетный объем воды, расходуемый за навигацию на шлюзование, определяется по выражению:

$$V_{\text{шл}} = \frac{n_{\text{шл}} \cdot T_{\text{наб}} \cdot V_{\text{сл}}}{k_{\text{сл}}} , \text{ м}^3 \quad (49)$$

где $n_{\text{шл}}$ - суточное количество шлюзований; $T_{\text{наб}}$ - длительность навигации; $V_{\text{сл}}$ - объем сливной призмы:

$$V_{\text{сл}} = B_{\text{шл}} \cdot L_{\text{шл}} \cdot H_{\text{шл}} , \text{ м}^3 \quad (50)$$

где $B_{\text{шл}}$ и $L_{\text{шл}}$ - соответственно ширина и длина камеры шлюза; $H_{\text{шл}}$ - напор на гидроузле (на камеру шлюза); $k_{\text{сл}}$ - коэффициент использования сливной призмы, изменяющийся в пределах от 1 (в случае односторонних шлюзований) до 2 (при двусторонних шлюзованиях) и определяемый выражением:

$$k_{\text{сл}} = \frac{n_{\text{шл}}}{n_{\text{сл}}} \quad (51)$$

где $n_{\text{сл}}$ - количество сливных призм, использованное на $n_{\text{шл}}$ шлюзований.

1.2. Потери воды на утечки через уплотнения ворот и затворов гидротехнических сооружений определяются по эмпирической формуле:

$$V_{\text{упл}} = \frac{\alpha \cdot P \cdot \sqrt{H_{\text{шл}}} \cdot T_{\text{наб}} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{1000} = 86,4 \cdot \alpha \cdot P \cdot \sqrt{H_{\text{шл}}} \cdot T_{\text{наб}} , \text{ м}^3 \quad (52)$$

где α - удельный расход воды на 1 пог. м уплотнений (при выполнении практической работы №6 принимается равным 0,15 л/с); P - периметр уплотнений рабочих ворот и затворов водопроводных галерей нижней головы шлюза, определяемый по выражению:

$$P = 3(h_{\text{к}} + H_{\text{шл}}) + B_{\text{шл}} + 8a_{\text{Г}} , \text{ м} \quad (53)$$

где $h_{\text{к}} = 1,3 \cdot h_{\text{ос}}$ - глубина воды в камере шлюза, определяемая в зависимости от осадки расчетного судна $h_{\text{ос}}$. Полученная величина $h_{\text{к}}$ округляется в

большую сторону до следующих ближайших значений: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 м; a_{Γ} - размер водопроводной галереи опорожнения (квадратного сечения) нижней головы шлюза:

$$a_{\Gamma} = \sqrt{\frac{\omega_{\Gamma}}{2}} \quad , \text{ м} \quad (54)$$

где ω_{Γ} - суммарная площадь поперечного сечения водопроводных галерей опорожнения, определяемая по формуле:

$$\omega_{\Gamma} = \frac{4B_{\text{шл}}L_{\text{шл}}\sqrt{H_{\text{шл}}}}{(2t - t_0)\mu\sqrt{2g}} \quad , \text{ м}^2 \quad (55)$$

где μ - коэффициент расхода системы опорожнения шлюза, равный 0,6÷0,7; g - ускорение свободного падения; t_0 - время открытия (закрытия) затворов водопропускных галерей, принимаемое для плоских затворов $0,6 \cdot t$; t - время наполнения (опорожнения) камеры шлюза, определяемое по формуле (36).

1.3. Потери воды на фильтрацию в грунт зависят от положения уровня воды в канале по отношению к уровню грунтовых вод на местности, прилегающей к каналу. Если уровень грунтовых вод находится выше уровня воды в канале, то будет происходить фильтрация воды в канал и, следовательно, увеличение расхода притока (поэтому каналы стремятся по возможности прокладывать в выемках грунта). При выполнении практической работы предполагается, что в насыпи проходит только 25% длины канала, где уровень воды выше уровня грунтовых вод. В этом случае потери воды на фильтрацию для канала трапецеидального сечения приближенно можно определить по формуле:

$$V_{\Phi} = 0,25 \cdot k_{\Phi} \cdot L_{\text{КАН}} (B_{\text{КАН}} + A \cdot T_{\text{КАН}}) T_{\text{НАВ}} \quad , \text{ м}^3 \quad (56)$$

где k_{Φ} - коэффициент фильтрации (м/сут), примерные значения которого принимаются в зависимости от рода грунта по таблица №5; $L_{\text{КАН}}$ - длина канала в метрах; A - коэффициент, зависящий от заложения откосов канала и отношения $B_{\text{КАН}}/T_{\text{КАН}}$. Для судоходных каналов может быть принят 3,0;

$T_{\text{КАН}} = 1,3 \cdot h_{\text{ОС}}$ - глубина воды в канале. Вычисленное значение $T_{\text{КАН}}$ округляется до ближайшего большего из следующих рекомендуемых значений: 1,8; 2,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,5 м; $B_{\text{КАН}}$ - ширина канала по зеркалу воды:

$$B_{\text{КАН}} = 2,6 \cdot b_{\text{С}} + 2T_{\text{КАН}} \cdot m, \text{ м} \quad (57)$$

где m - коэффициент заложения откосов, который для каналов трапецидального сечения принимается в пределах от 3 до 5.

Таблица № 5

Род грунта	Коэффициент фильтрации м/сутки
Глина	0,0008
Суглинок	0,005
Супесь	0,03
Песок	0,1

1.4. Объем испарившейся с поверхности канала воды определяется по формуле:

$$V_{\text{ИСП}} = \Delta E \cdot L_{\text{КАН}} \cdot B_{\text{КАН}} \cdot T_{\text{НАВ}}, \text{ м}^3 \quad (58)$$

где ΔE - толщина слоя испарения за сутки, принимаемая в среднем от 0,004 до 0,008 м/сут; $L_{\text{КАН}}$ - длина канала **в метрах**.

2. Определение времени работы насосных станций.

Время работы насосных станций, перекачивающих необходимый для питания двускатного судоходного канала объем воды, вычисляется по формуле:

$$t_{\text{РАБ}} = \frac{V_{\text{В}}}{3600 \cdot Q_{\text{Н}}}, \text{ ч} \quad (59)$$

где $Q_{\text{Н}}$ - производительность насосной станции.

3. Определение мощности насосных станций.

На двускатном судоходном канале насосные станции включаются в состав сооружений гидроузлов только одного из его склонов (как правило там, где высота подъема воды до отметки водораздельного бьефа оказывается меньше). Для определения полной высоты подъема воды необходимо знать величину напора на гидроузлах этого склона канала (в данной практической работе $H_{шл}$) и их количество ($n_{г}$). С целью унификации оборудования обычно стремятся обеспечить одинаковый расход насосных станций и напор на гидроузлах судоходного канала. Необходимая мощность насосных станций определяется по формуле:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_H \cdot \sum H_{шл}}{1000 \cdot \eta_H} \approx 10 \cdot \frac{Q_H \cdot n_{г} \cdot H_{шл}}{\eta_H}, \text{ кВт} \quad (60)$$

где ρ - плотность чистой воды ($\rho=1000 \text{ кг/м}^3$); $\sum H_{шл}$ - полная высота подъема воды насосными станциями до отметки водораздельного бьефа; η_H - коэффициент полезного действия насосной станции, равный 0,8.

4. Определение расходов на электроэнергию.

Расходы на электроэнергию для работы насосных станций судоходного канала находятся по формуле:

$$S = c \cdot N \cdot t_{РАВ}, \text{ у.е.} \quad (61)$$

где c - стоимость электроэнергии (0,3 у.е./кВт-час).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А.В., Левачев С.Н., Водные пути и порты . М.: Высшая школа, 1982г.
2. КМК 3.07.02.-96 Гидротехнические транспортные сооружения на реках и водохранилищах.
3. Файзиев Х.М. Сув йуллари ва портлари. Укув кулланма, ТАКИ 2001й.
4. Гладков Г.Л., Журавлев М.В., Селезнев В.М., Гапеев А.М., Колосов М.А. Водные пути и гидротехнические сооружения: Учебное пособие. - СПб, СПГУВК, 2001.
5. Дегтярев В.В., Селезнев В.М., Фролов Р.Д. Водные пути. Учебник. М., Транспорт, 1980.
6. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути. Учебник для ВУЗов. М., Транспорт, 1986.