

Инженерно-гидрометеорологические
изыскания

Тема 8.

**Изыскания объектов внутреннего
водного транспорта (водные
изыскания)**

Клименко Д.Е., к.г.н., доцент

Классификация перевозок водной транспортной системы

По способу плавания

- речные;
- морские;
- озерные;
- прибрежно-морские.
- морские.

По району обслуживания

- транзитные;
- местные;
- пригородные;
- внутригородские.

По виду обслуживания

- в прямом водном сообщении;
- в прямом смешанном сообщении.

По направлению движения

- вверх (против течения);
- вниз (по течению).

Структура управления перевозками на водном транспорте



Внутренний водный транспорт

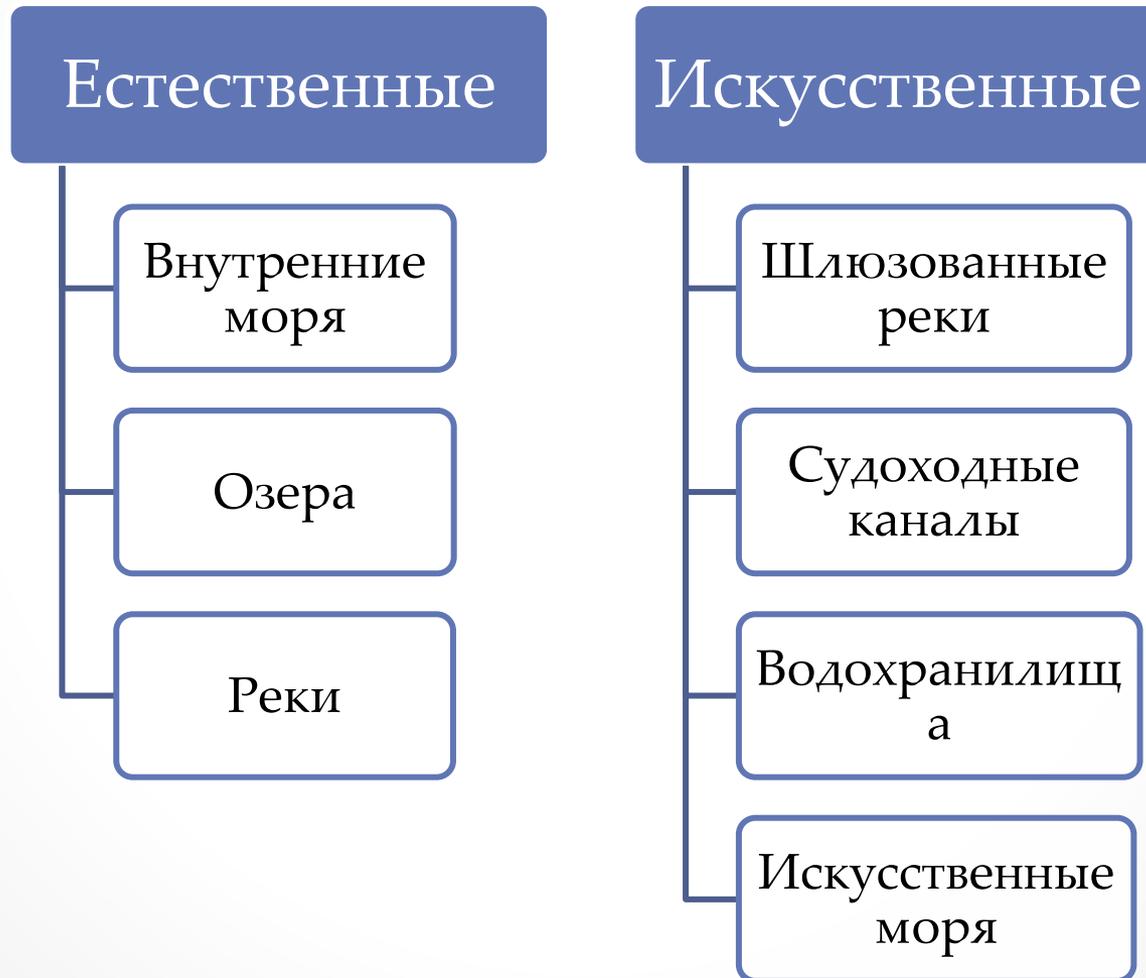
Преимущества:

- высокая пассажировместимость;
- низкий удельный расход на обустройство и содержание 1 км путей;
- низкие удельные затраты на содержание эксплуатационного штата;
- высокая провозная и пропускная способность;
- малая металлоемкость.

Недостатки:

- сезонность;
- неравномерность перевозок в зависимости от метеорологических условий;
- разобщенность речных бассейнов;
- невысокая скорость движения;
- несовпадение направления движения судопотоков по водным артериям (меридионального) с направлением существующих основных пассажиропотоков (широтным).

Классификация внутренних водных путей



Классификация по условиям ветроволнового режима

Разряд	Высота волны, м	Длина волны, м
М	3	40
О	2	20
Р	1,2	12
Л	остальные	

Классификация в зависимости от интенсивности движения

Группа	Размер движения, судов/сутки
I	30 и более
II	5 – 30
III	до 5
IV	1 -2 в ночное время
V	единицы в дневное время

Детальная классификация судоходных путей

Категории и разряды	Класс	Глубина судового хода, м		Эксплуатируемые типы судов
		гарантированная	средненавигационная	
Сверх-магистрали	I	Более 2,6	Более 3	Четырехпалубные
Магистрали:				
I разряда	II	1,6 ... 2,6	2,4 ... 3,0	Трехпалубные
II разряда	III	1,1 ... 2,0	1,66 ... 2,4	Двухпалубные
Пути местного значения				
I разряда	IV	0,8 ... 1,4	1,36 ... 1,65	Двухпалубные
II разряда	V	0,6 ... 1,1	1,01 ... 1,35	Полуторапалубные
Малые реки	VI	0,45 ... 0,8	0,75 ... 1,0	Катера
Малые реки	VII	Менее 0,6	Менее 0,75	Катера

Основные характеристики внутренних водных путей (ВВП)

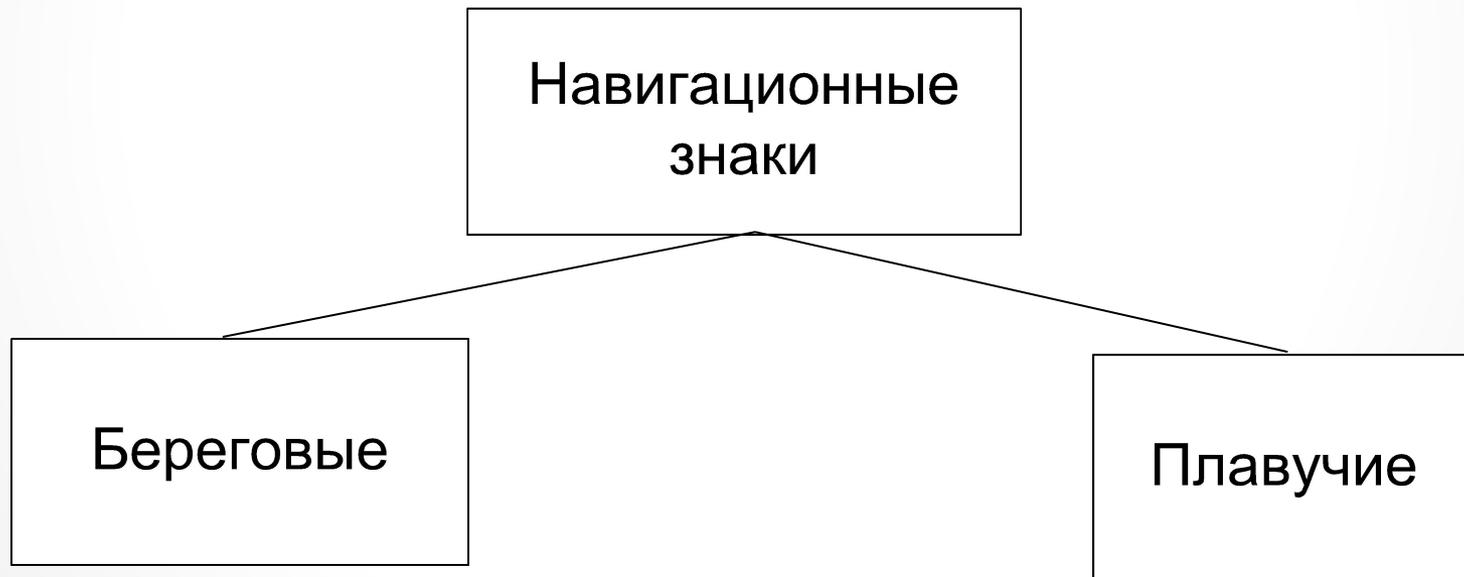
1. Фарватер (голл. vaarwater - судовой ход) - безопасный в навигационном отношении проход по водному пространству.
2. Сроки и длительность физической навигации (периода времени, в течение которого осуществляется движение судов).
3. Габариты судовой ход (глубина, ширина и радиус поворотов).
4. Средние гидрометрические скорости течения.
5. Ветроволновой режим.
6. Пропускная способность пути.



Навигационное оборудование

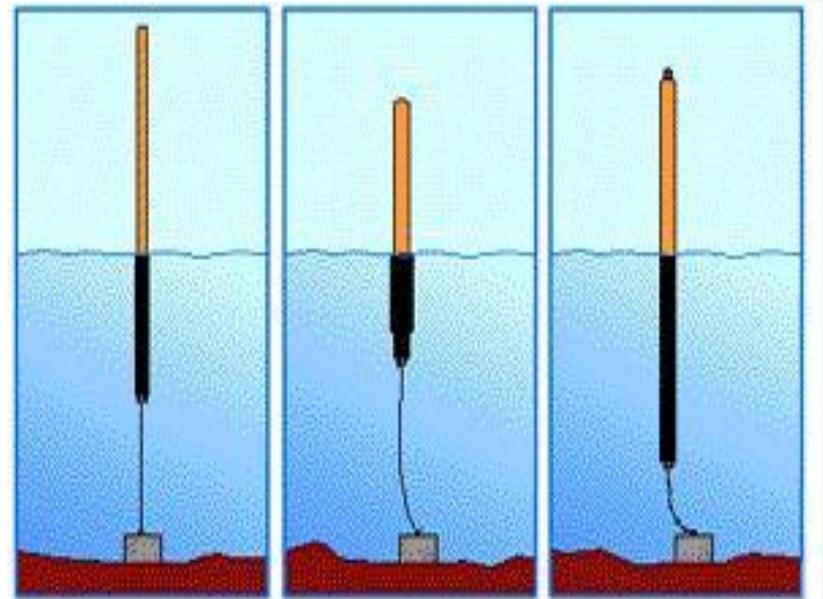
внутренних водных путей

Назначение навигационного оборудования состоит в указании направления, границ и габаритов судовых ходов.



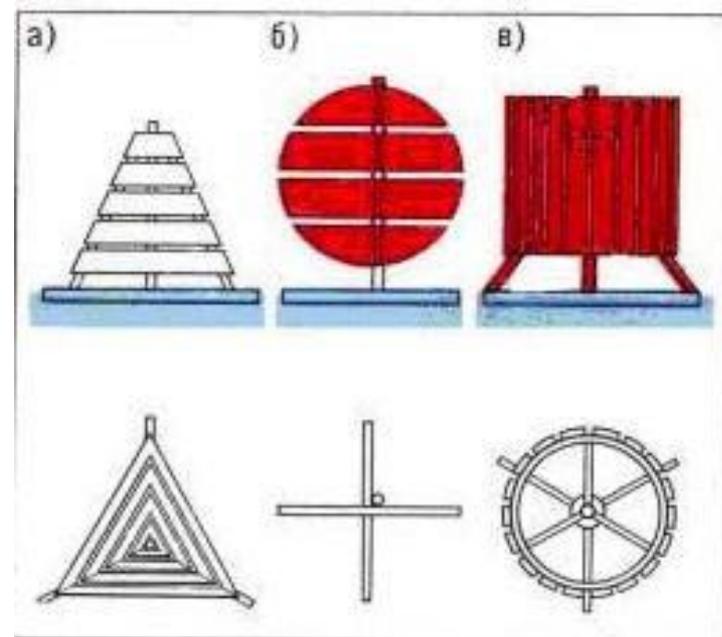
Плавающие навигационные знаки

Веха



Плавающие навигационные знаки

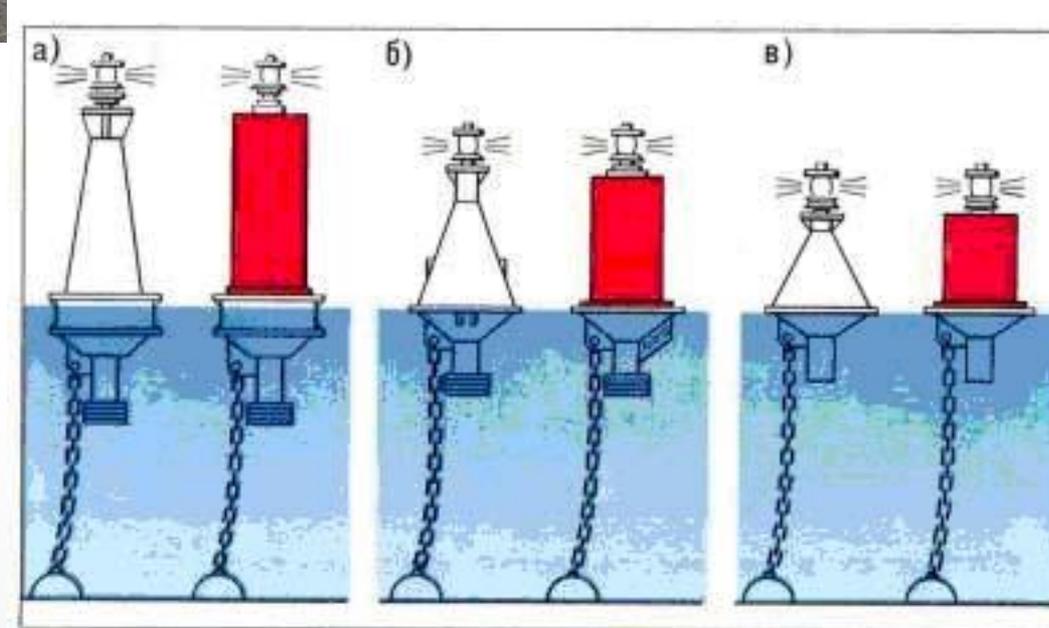
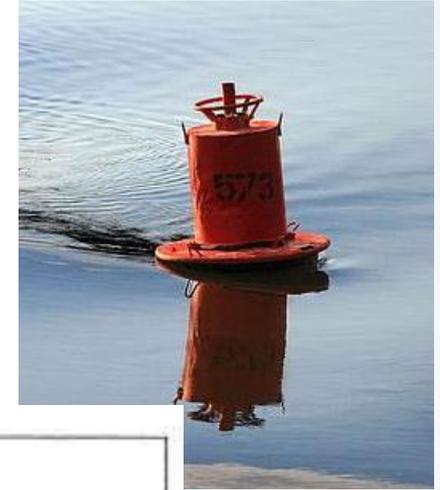
Бакен



Плавающие навигационные знаки

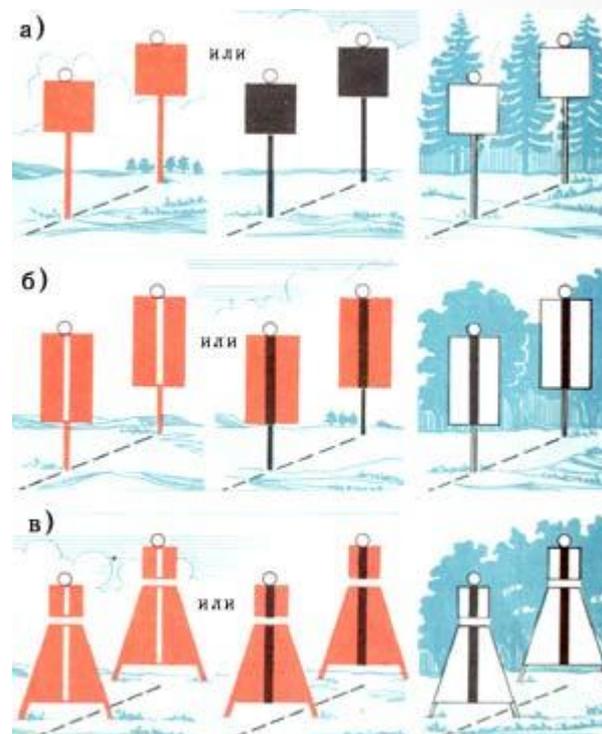


Буй



Береговые навигационные знаки

Створы



Технические устройства внутренних

водных путей

Общие:

- водонапорные
- водопроводящие

Специальные:

- плотины
- судоходные каналы
- тоннели
- шлюзы
- судоподъемники



Технические устройства внутренних водных путей

ШЛЮЗ

ШЛЮЗ



Технические устройства внутренних водных путей

Судоподъемник

Судоподъемник



Речные порты

Категория порта	Навигационный пассажирооборот, тыс. усл. пасс.
I	Более 400
II	101-400
III	40-100
IV	Менее 40

Речные пристани

Стационарные



Речные пристани

временные



Технико-эксплуатационные

характеристики судов

Скорость хода:

- Проектная скорость определяется расчетом на стадии проектирования судна для следующих условий: тихая и глубокая вода, отсутствие течений и волнения.
- Эксплуатационная скорость - скорость хода относительно воды при заданной осадке, определенных путевых и гидрометеорологических условиях плавания.
- Скорость хода судна относительно берега при тех же условиях называют технической.



Технико-эксплуатационные

характеристики судов

Автономность плавания;

Водоизмещение (массовое и объемное);

Мореходные качества:

- плавучесть;
- остойчивость;
- непотопляемость (живучесть);
- ходкость;
- устойчивость на курсе;
- поворотливость или управляемость;



Классы речных судов

- Суда дальнего плавания
- Суда местного плавания
- Суда на подводных крыльях
- Глиссеры и Суда на воздушной подушке
- Паромы

Речные суда дальнего плавания



Речные суда местного плавания



Суда на подводных крыльях



Глиссер



Суда на воздушной подушке



Паром



Лоцманская карта

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

1. При плавании по реке Малая Нева следует остерегаться железобетонных свай, установленных на 1385,4 км, в 40 м справа от оси судного хода.
2. Участок реки Малая Нева, расположенный ниже Тузова моста, затруднителен для судоходства из-за интенсивного ледового скопления пассажирских и грузовых судов, а также большого количества судов, стоящих у причалов и доков судоремонтных заводов.
3. Всем судам при движении по Малой Неве на участке от створа Крестовского острова до стрелки Васильевского острова для безопасного расхождения с судами типа «Невский» при выходе на Большую Неву необходимо запросить об их местонахождении по радиостанции «Кама» (канал 1, позывной — «Теннисград-9»).

Крестовский остров

о. Декабристов

ВАСИЛЕОСТРОВСКИЙ ГРУЗОВОЙ РАЙОН ЛЕНПОРТА СЗРП. Основные причалы грузового района находятся у левого берега реки Малая Нева на 1388 км. Здесь сооружена стенка длиной 452 м; наименьшая глубина у стенки 4 м. Вдоль стенки оборудованы четыре причала для обработки судов с тарно-штучными, лесными и минерально-строительными грузами. Район располагает портовыми и плавучими кранами и другими средствами механизации. Василеостровскому грузовому району подведомственны причалы, расположенные на Неве ниже 1375 км, в дельте Невы, на акватории Ленинградского морского торгового порта и в городах Кронштадт, Ломоносов, Выборг.

ЛЕНИНГРАДСКАЯ МОРСКАЯ ПАССАЖИРСКАЯ ПРИСТАНЬ СЗРП расположена на 1385 км у правого берега Малой Невы, ниже Тузова моста. Пристань осуществляет местные пассажирские перевозки. Длина акватории пристани 280 м. Пристань оборудована тремя дебаркадерами и десятью причалами-спусками. Глубины у причалов и дебаркадеров не менее 4 метров.

РЕБЫ И ЖКОРНЫЕ МЕСТА

Местонахождение	Характеристика
Рыб у левого берега реки Малая Нева на участке 1387,15—1388,0 км	Для несамозаледных судов. Длина ребы 380 м, ширина 100 м; глубина на ребе 4,2 м. На ребе имеются швартовочные борта, у которой суда стоят, скланившись бортом, не более четырех в ряд.
ЖКОРНОЕ МЕСТО у левого берега реки Малая Нева на участке 1386,25—1386,04 км, ниже острова Сербий	Для временной стоянки ремонтных судов и судов, ожидающих развода мостов для разведения на выход в море. Глубины на втором месте не менее 4 м, тугот — тугина. Разводится стенка не более одного судна.
Рыб у левого берега реки Малая Нева на участке 1385,5—1385,3 км	Ремонтный для несамозаледных судов. Длина ребы 210 м, ширина 80 м, глубина 4 м. На ребе имеются швартовочные борта, у которой размещены стоги леса, минами судам, скланившись бортом, не более двух в ряд.
Рыб у правого берега реки Малая Нева на участке 1384,5—1384,0 км	Для транзитных судов, ожидающих развода мостов. Длина ребы 260 м, ширина 80 м; глубина на ребе 4,2 м. Промежуточная часть ребы occupies мостом, суда стоят на ребе с отходами мостового и кормового лесов в две линии (стенка), не более двух судов в каждой.

Васильевский остров

Организация водных изысканий

Исследования и изыскания на водных объектах имеют комплексный характер и проводятся в интересах различных отраслей народного хозяйства. В первую очередь это бывает необходимо при проектировании и строительстве различных водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений на реках, озерах и водохранилищах. Материалы водных исследований используются для обеспечения работы водного транспорта, при проведении мелиорации, при организации водоснабжения и для целей рыбного хозяйства.

Гидрологические характеристики водных объектов, а также их размеры: глубины, очертания береговой полосы и русловых форм непрерывно изменяются с течением времени. Поэтому для решения практических вопросов необходимо иметь данные наблюдений за периоды времени от 10 до 50 лет. Основные гидрологические материалы могут быть получены по данным регулярных наблюдений на гидрологических постах. Наряду с государственными и ведомственными станциями и постами изучение вод ведется также путем организации экспедиций. Экспедиционные исследования выполняются различными ведомствами и охватывают широкий круг вопросов: промеры глубин в водоемах, русловые съемки, гидрологические и гидрометеорологические наблюдения и др. Такие исследования – эффективное средство для быстрого получения гидрологических данных. Работы, осуществляемые экспедиционными методами, называются водными изысканиями.

Главной целью топографических и геодезических работ является получение планов береговых участков. Эти работы представляют основу для выполнения других видов работ.

Гидрографические работы заключаются в промерах глубин рек и водоемов, изучении уклонов водной поверхности. Планы, полученные в этом цикле работ, называются гидрографическими планами.

Гидрологические работы включают наблюдения за уровнями воды, измерение скоростей течения и расходов воды, изучение стока влекомых и взвешенных наносов, наблюдения за деформациями дна и берегов, изучение волнения водной поверхности и другие виды работ.

В зависимости от стадии проектирования, степени подробности, методики производства и характера исследуемых объектов воднотранспортные изыскания подразделяют на облегченные, подробные и специальные.

Облегченные изыскания выполняют на больших по протяженности участках рек, а также на озерах и водохранилищах для разработки рекомендаций по их транспортному освоению. Они характеризуются измерениями глубин в отдельных точках и позволяют установить лишь общую конфигурацию донного рельефа.

Подробные гидрографические изыскания предназначены для обоснования проектов гидротехнических сооружений, проектов путевых мероприятий и т.д. К ним относятся эксплуатационные съемки, выполняемые на внутренних водных путях. Подробные изыскания выполняют на ограниченных по протяженности участках рек.

Виды работ, выполняемые на водных изысканиях

Все виды работ, выполняемые на водных изысканиях, подразделяются на полевые и камеральные.

Для проведения полевых работ создаются специальные экспедиционные партии и отряды.

Эксплуатационные изыскания на внутренних водных путях осуществляют производственные объединения пути, имеющие в своем составе специализированные и русловые изыскательские партии. За каждой партией закрепляется определенный участок реки, в пределах которого они выполняют свои работы. Изыскательские партии оснащаются плавсредством – несамходной брандвахтой для проживания и необходимым оборудованием и инструментом для производства гидрографических работ. Перестановку брандвахты с одного участка реки на другой осуществляет буксировщик.

Одновременно с полевыми работами выполняется необходимая первичная камеральная обработка. Окончательно материалы исследований обрабатываются и оформляются по завершении полевого сезона в стационарных лабораториях.

Изыскания, выполняемые для нужд водного транспорта, позволяют получить материалы для изучения руслового и гидрологического режимов реки. По этим данным контролируется состояние судовых ходов и разрабатывается необходимая документация для проектирования путевых мероприятий, оценивается эффективность путевых работ, а также составляются и корректируются навигационные пособия.

Промеры глубин

Промеры глубин выполняют для получения материалов, характеризующих подводный рельеф дна водоема. Промерные работы составляют один из важнейших разделов водных изысканий. Они позволяют выявить и нанести на план участка положение глубоких и мелких мест в русле реки. По этим данным разрабатываются необходимые мероприятия для обеспечения судоходных условий. Подводный рельеф дна водоемов на планах изображается в горизонталях или изобатах – линиях равных глубин.

Промеры ведут по линиям, пересекающим водоем на определенном расстоянии друг от друга. Эти линии называются галсами или про-мерными профилями. По отношению к направлению течения реки галсы бывают поперечными, продольными и косыми. На практике обычно применяются поперечные галсы. Отдельные точки на галсах, в которых измеряются глубины, называются промерными точками. Плановое по-ложение промерных точек служит для составления плана участка реки. Существует несколько способов проложения галсов. На реках попереч-ные галсы чаще всего прокладывают по береговым створам, а на озерах и водохранилищах – по компасу.

Промерные работы на водоемах осуществляются с помощью специально оборудованного промерного судна, катера или мотолодки. В зависимости от технического оснащения и способа производства работ промерный отряд состоит обычно из 4-6 человек. Часть отряда размещается на промерном судне, управляет его движением и осуществляет измерение глубин. Другая часть с помощью геодезических инструментов, установленных на берегу, производит координирование промеров – определение планового положения промерного судна в момент измерения глубин. Допускается также измерение глубин в зимний период со льда водоема. Однако эти промеры являются наиболее трудоемкими.

При гидрографических работах применяют следующие основные способы определения планового положения промерных точек: без ин-струментальных засечек; с инструментальными засечками; с применением спутниковых систем координирования промеров.

При облегченном виде изысканий допускается проведение промеров глубин без координирования. В этом случае необходимо обеспечить равномерное движение промерного судна на галсе, а измерение глубин следует производить через равные интервалы времени. На плане измеренные глубины наносятся равномерно по длине галса от уреза до уреза между начальной и конечной точками. Такой способ удовлетворяет требованиям рекогносцировочного промера.

Промеры глубин

Более точные материалы получают при координировании промеров с помощью геодезических инструментов. При определении местоположения промерного судна можно пользоваться либо одним инструментом – мензулой, либо двумя – мензулой и теодолитом. В первом случае при подготовке к промеру необходимо предварительно разбить на местности положение промерных галсов. В ходе промера глубин на этих точках устанавливаются специальные створные вехи, по которым ориентируется судоводитель. Тогда плановое положение промерного судна в любой момент времени будет определяться пересечением двух линий: направлением галса и направлением визирной оси кипрегеля в момент засечки с одного из пунктов планового обоснования М с известными координатами. После прохождения галса промерным судном створные вехи устанавливаются на следующем галсе.

В случае использования двух геодезических инструментов при координировании не требуется предварительной разбивки промерных галсов на берегу. Теодолит и мензула устанавливаются на двух пунктах обоснования с известными координатами соответственно в точках Т и М.

Промерное судно в этом случае движется по свободным галсам. Его плановое положение в момент измерения глубины определяется пересечением двух линий – визирных осей теодолита и кипрегеля. Свои засечки наблюдатели на берегу производят одновременно по команде, подаваемой с промерного судна по радию или с помощью флагов-отмашек.

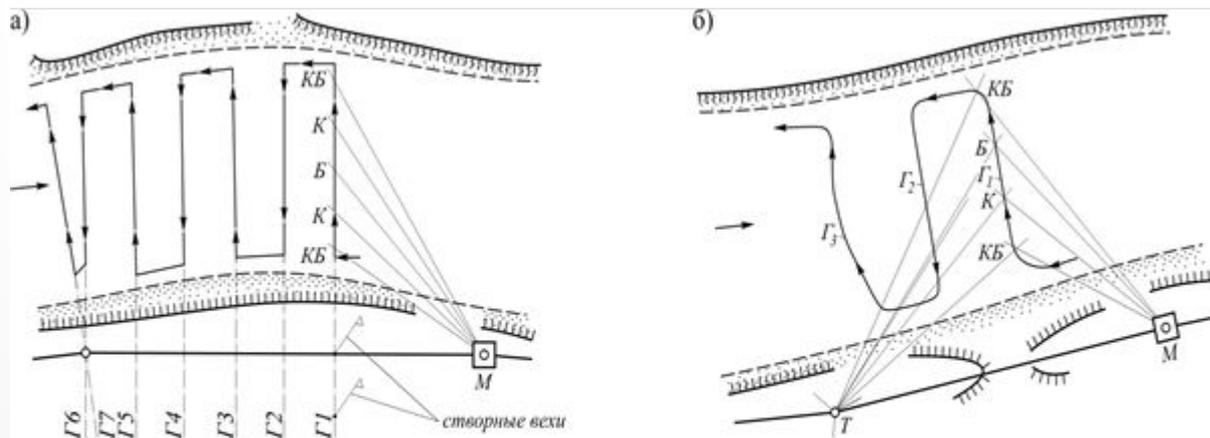


Рис. 5.5. Траектории движения промерного судна (галсы) и схемы засечек промерных точек одним инструментом (а) и двумя инструментами (б): Г₁, Г₂... – расположение промерных галсов; КБ, К, Б – плановое положение промерных точек

Промеры глубин

В последние годы все большее применение на водных изысканиях находят спутниковые системы координирования промеров. Наибольшее распространение получили приборы, работающие в глобальной позиционной системе (GPS), принадлежащей США, и системы ГЛОНАСС, находящейся в ведении России. Такая система содержит обычно два спутниковых приемника, один из которых располагается на движущемся промерном судне, а другой, называемый базовой станцией, на берегу.

С береговой станции осуществляется непрерывная передача собственных координат на бортовой комплекс, что позволяет значительно повысить точность определения планового положения промерного судна на водной акватории. Применение таких систем наиболее эффективно при выполнении промеров глубин на широких водных пространствах – на озерах и водохранилищах. Их использование позволяет уменьшить численность промерного отряда, что приводит к резкому повышению производительности труда на водных изысканиях.

Измерение глубин можно производить наметкой, лотами и эхолотом.

Наметка представляет собой деревянный шест круглого сечения длиной 3.5-6 м и диаметром 5-6 см. На наметке краской наносится разметка с дециметровыми делениями, считая от ее нижнего конца – пятки. Пятка снабжена металлическим башмаком, предохраняющим наметку от продавливания в грунт при измерении глубины. Наметкой измеряют глубины до 5 метров с точностью до 5 см. В настоящее время при измерении глубин наметки используются редко, так как это требует применения ручного труда.

Лоты бывают ручные и опускаемые с лебедки (рыбалоты). Ручной лот состоит из груза массой до 4 кг, подвешенного на капроновом или пеньковом канате (лотлине) диаметром 6-8 мм и длиной до 30 м. Лотлинь размечается на деления через 0.1-0.2 м.

Лот применяется для промеров на озерах и водохранилищах. Точность этого способа ниже и составляет 0.1-0.2 м. Снижение точности измерений происходит за счет прогиба каната и сноса лота течением.

При больших глубинах и скоростях течения более 1 м/с для измерения глубин используется рыбалот. Он состоит из металлического груза обтекаемой рыбовидной формы массой до 30 кг и стального маркированного троса. При измерении глубины груз опускается на дно и в момент касания считывается значение глубины по тросу или по счетчику, установленному на лебедке. Затем груз немного приподнимается и поддерживается в подвешенном состоянии до следующей промерной точки.

Эхолот основан на использовании гидроакустического способа измерения глубин. Сущность измерения заключается в определении времени прохождения ультразвукового сигнала от источника излучения до дна водоема и обратно к приемнику

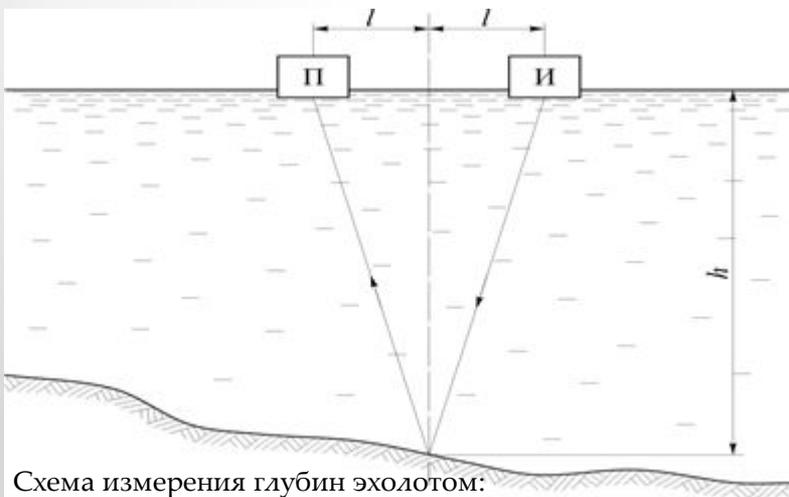


Схема измерения глубин эхолотом:

И – излучатель; П – приемник ультразвуковых сигналов

Ультразвуковой сигнал излучается в виде узкого направленного пучка и способен отражаться от твердых поверхностей. Таким образом, зная расстояние между излучателем и приемником и скорость распространения ультразвука в воде, измеряемая глубина может быть найдена по формуле

$$h = \sqrt{(C \cdot t / 2)^2 - l^2}$$

где: C – скорость распространения ультразвука в воде;
t – время прохождения сигнала от излучателя до приемника;
l – база прибора – половина расстояния от излучателя до приемника.

Эхолоты

Конструкция эхолотов одного типа позволяет непрерывно измерять глубины по ходу движения промерного судна и автоматически записывать их в масштабе на бумажную ленту – эхограмму. На эхограмме специальными оперативными отметками указываются глубины, измеряемые в момент координирования планового положения промерного судна. В современных эхолотах другого типа измеряемые глубины представляются на индикаторе в цифровом виде, а их хранение обеспечивается на различного рода магнитных носителях – лентах или дисках. Точность измерения глубин эхолотом в диапазоне 0.2-20 м составляет 0.05-0.1 м.



Функциональная схема промерного
изыскательского комплекса

Составление плана участка реки

Камеральная обработка промеров производится с целью составления гидрографических планов. При этом глубины, измеренные при разных рабочих уровнях воды, приводятся к определенному условному (срезочному) уровню воды. Обычно в качестве срезочного уровня принимают так называемый проектный уровень путевых работ, к которому относится (привязывается) транзитная глубина судового хода.

Отметка проектного уровня на участке пути устанавливается по кривой среднегодовой обеспеченности по опорному гидрологическому посту. Значения обеспеченности проектного уровня принимают для I группы путей 95-99%, для II группы – 90-95%, для III-IV групп – 80-90%. От положения проектного уровня зависят затраты по поддержанию рек в судоходном состоянии и экономические показатели работы транспортного флота. На больших судоходных реках он близок к низкому навигационному уровню маловодных лет. На бесприточном участке реки проектный уровень, назначенный по опорному гидрологическому посту, переносится на соседние посты путем построения графиков связи соответственных уровней воды. Кроме этого определяют отметки проектного уровня по всем постам и реперам, расположенным по длине судоходного плеса.

Обработка эхограмм, полученных в ходе промеров, заключается в выборе характерных значений глубин, которые будут нанесены на план, и приведении измеренных глубин к проектному уровню воды. Вычисления производятся по формуле

$$h_{прив} = h_{раб} - \Delta H_c$$

где: $h_{прив}$ – приведенная глубина в промерной точке при проектном уровне воды, м;
 $h_{раб}$ – глубина при рабочем уровне воды, м;
 ΔH_c – величина срезки глубин, т.е. разница между отметками рабочего $H_{раб}$ и проектного $H_{пр}$ уровней воды, м.

Величина срезки подставляется в эту формулу с учетом знака (при $H_{раб} > H_{пр}$ значение $\Delta H_c > 0$, а при $H_{раб} < H_{пр}$ значение $\Delta H_c < 0$).

Графически схема определения срезки у репера приводится

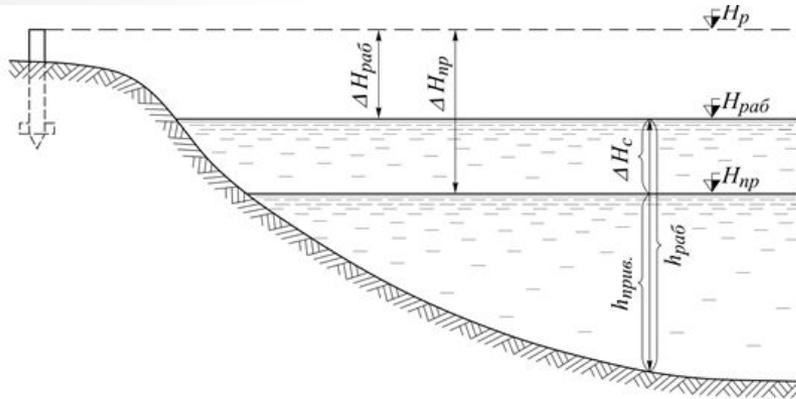


Рис. 5.8. Схема определения срезки у репера:

H_p – отметка репера; $H_{раб}$ – отметка рабочего уровня; $H_{пр}$ – отметка проектного уровня; $\Delta H_{раб}$ – превышение отметки репера над рабочим уровнем; $\Delta H_{пр}$ – то же над проектным; ΔH_c – срезка; $h_{раб}$ – глубина при рабочем уровне; $h_{прив}$ – приведенная глубина при проектном уровне путевых работ

После обработки журнала промера глубин на план участка наносятся закоординированные промерные точки с соответствующими значениями приведенных глубин. Плановое положение промежуточных промерных точек, глубины в которых измерялись без координирования, определяется интерполяцией между закоординированными точками с учетом направления движения промерного судна. Глубины в этих точках выписываются также с учетом срезки, путем приведения их к проектному уровню путевых работ. В прибрежной области в целом ряде точек рабочие глубины могут оказаться меньше величины срезки. Приведенные глубины в этих точках показывают со знаком плюс (+).

Составление лоцманской карты

Одновременно с глубинами на план наносятся все предметы и объекты, представляющие опасность для судоходства, а также показывается положение знаков навигационного ограждения.

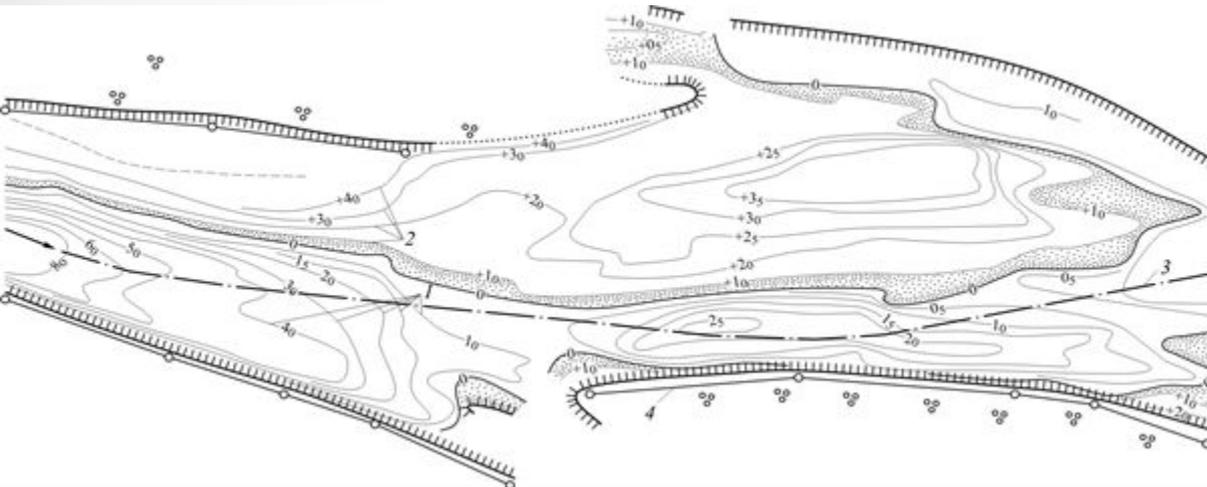
После выписки глубин приступают к изображению рельефа. С этой целью на плане в соответствии с положением промерных точек проводятся линии равных глубин – изобаты. Они ограничивают часть акватории водоема, внутри которой глубины больше или меньше значения, указанного на подписи изобаты. На промерном плане сплошной линией показывается положение оси судового хода и километраж по длине реки и пунктирной линией урез воды при рабочем уровне.

При составлении выкопировки с плана участка реки положение промерных точек и глубин на них не показывается. Рельеф на таких планах закрепляется либо в виде изобат, либо в виде горизонталей – линий равных отметок.

В течение длительного времени на протяженных участках пути положение проектных уровней обычно остается неизменным. Это позволяет сопоставлять между собой промерные планы одно и того же участка за разные годы. По результатам таких исследований можно изучать характер и интенсивность руслового процесса на участке и с учетом этого проектировать мероприятия по обеспечению судоходных условий.

При составлении выкопировки с плана участка реки положение промерных точек и глубин на них не показывается. Рельеф на таких планах закрепляется либо в виде изобат, либо в виде *горизонталей* – линий равных отметок.

В течение длительного времени на протяженных участках пути положение проектных уровней обычно остается неизменным. Это позволяет сопоставлять между собой промерные планы одно и того же участка за разные годы. По результатам таких исследований можно изучать характер и интенсивность руслового процесса на участке и с учетом этого проектировать мероприятия по обеспечению судоходных условий.



План участка реки в изобатах
1 – изобаты; 2 – горизонталей (линии равных высот берега);
3 – ось судового хода; 4 – магистраль

Габариты водного пути

На внутренних водных путях движение судов допускается не по всей ширине водного пространства, а только по той части, которая подготовлена для судоходства и обозначена на местности специальными знаками – навигационным ограждением. Эту часть называют судовым ходом. Основные размеры судового хода – глубина h_{cx} , ширина B_{cx} и радиус закругления R_{cx} являются габаритами водного пути. Чем больше габаритные размеры судового хода, тем выше пропускная способность пути. Минимальные габариты, поддерживаемые при проектном уровне путевых работ, называются гарантированными габаритами судового хода. Их размеры устанавливаются на основании технико-экономических расчетов.

Для обеспечения безопасности плавания, габариты судового хода устанавливаются таким образом, чтобы при прохождении наибольших судов, допущенных к плаванию по данному водному пути, обеспечивались минимальные запасы воды под днищем, запасы по ширине при расхождении и обгоне судов и необходимые радиусы закругления.

Глубина судового хода складывается из осадки судна h_{oc} и запаса воды под днищем Δh , определяемого согласно Правилам плавания

$$h_{cx} = h_{oc} + \Delta h$$

где: $\Delta h = 0.10-0.20$ м при $h_{cx} < 1.5$ м;
 $\Delta h = 0.15-0.25$ м при $h_{cx} = 1.5-3.0$ м;
 $\Delta h = 0.20-0.30$ м при $h_{cx} > 3.0$ м.

Ширина судового хода при одностороннем движении определяется как сумма ширины расчетного судна или состава и запаса ширины до кромки судового хода $B_{cx} = B_c + 2\Delta B_1 \approx 2B_c$

При двустороннем движении ширина судового хода складывается из значений ширин расчетных судов низового и верхового направлений, запаса ширины до кромки судового хода и запаса между бортами судов при их расхождении

$$B_{cx} = 2B_c + 2\Delta B_1 + \Delta B_2 \approx 4B_c$$

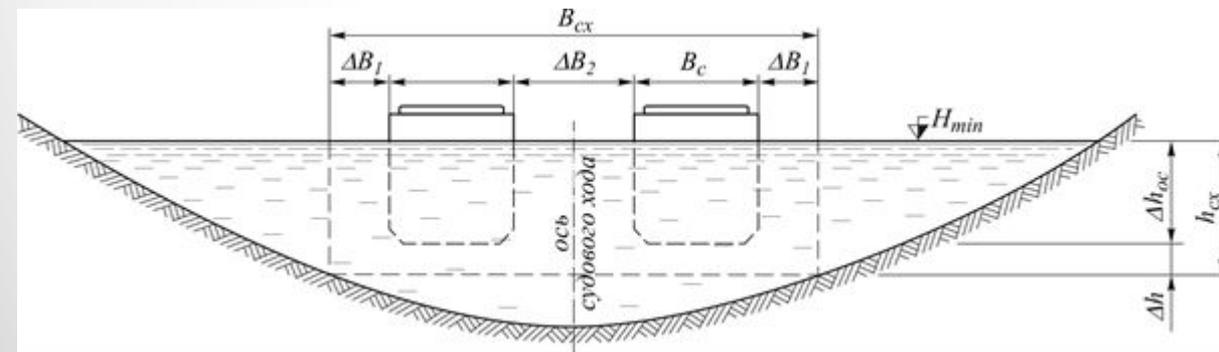


Схема определения минимальных габаритов

На участках со свальным течением и изгибах русла ширина судового хода увеличивается сверх указанных значений на величину, определяемую опытным путем.

Минимальный радиус кривизны судового хода устанавливается в соответствии с длиной расчетного судна.

$$R_{cx} \geq 3L_c$$

При движении жестко учаленных составов это соотношение имеет вид

$$R_{cx} \geq 3.5L_c$$

где: L_c – в данном случае длина состава, м.

Габариты водного пути

В результате проведения путевых мероприятий на реках судоходные глубины могут быть увеличены. На ряде рек гарантированные габариты пути возросли в два и более раза по сравнению с их бытовым состоянием. Дальнейший рост судоходных глубин на свободных реках необходимо планировать с учетом двух аспектов: экономического и экологического.

Самые выгодные или оптимальные габариты судового хода для участка пути получили название экономически целесообразных. Для их определения при конкретном грузообороте на исследуемом участке реки рассматривается несколько вариантов гарантированных габаритов пути с различными значениями глубины $h_{сх}$ и ширины $B_{сх}$. Для каждого варианта подсчитываются капитальные вложения и эксплуатационные расходы по транспортному флоту и пути. По результатам вычислений строится график зависимости приведенных затрат по флоту и пути от габаритов судового хода. С увеличением габаритов пути затраты по транспортному флоту снижаются, а затраты на содержание пути возрастают. В таком случае суммарная кривая приведенных затрат всегда будет иметь минимум, отвечающий экономически целесообразным габаритам пути.

Другой критерий, ограничивающий возможное увеличение размеров судового хода, определяется гидравлическими возможностями реки. Опыт проведения путевых работ показывает, что на ряде рек в результате чрезмерного переуглубления судового хода произошли необратимые изменения, связанные со снижением бытовых уровней воды. Это явление, получившее название просадки уровней, является неблагоприятным с точки зрения охраны окружающей среды. Для предотвращения возможного снижения уровня воды от воздействия путевых мероприятий разработана специальная методика по определению гидравлически допустимых габаритов судового хода. Получаемые в результате таких вычислений значения $h_{сх}$ и $B_{сх}$ являются предельными по экологическим соображениям. Здесь следует заметить, что в том и другом случаях речь идет об установлении предельных (или оптимальных) габаритов судового хода, поддерживаемых при низких меженных (проектных) уровнях воды. Гарантированные габариты пути назначаются с учетом этих данных и принятой обеспеченности проектного уровня путевых работ.

В связи с большими колебаниями уровней воды в реках в течение года, в период половодья на перекатах могут обеспечиваться значительно большие размеры судового хода, чем в межень. Это позволяет более эффективно использовать возможности транспортного флота. Для нормирования габаритов пути при уровнях, превышающих проектный, строится так называемая кривая дифференцированной гарантии глубин (рис. 5.12).

При ее построении используются сведения о минимальных глубинах на судоходном плесе за последние пять навигаций и соответствующие им данные об уровнях воды по опорному гидрологическому посту. Парные значения $h_{сх}(\min)=f(H)$ наносятся на график и полученные точки за каждый год соединяются между собой ломаными линиями. Затем проводится верхняя огибающая, проходящая через точку с координатами $(h_{сх}(r), H_{пр})$. По этой кривой может быть определена минимальная гарантированная глубина на судовом ходу при любом интересующем уровне воды. Аналогичным образом строится кривая дифференциации ширин судового хода.

Для всех участков судоходных рек России ежегодно утверждается Программа гарантированных габаритов судовых ходов.

На ее основе в линейных подразделениях пути составляются производственно-оперативные планы путевых работ на навигацию.

Габариты водного пути

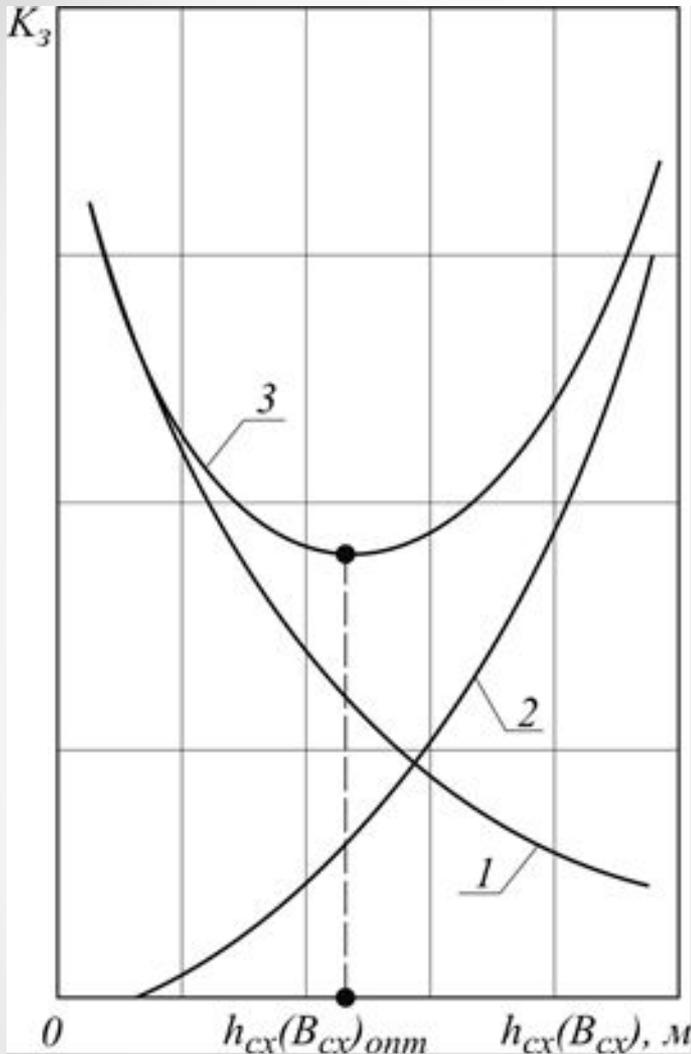
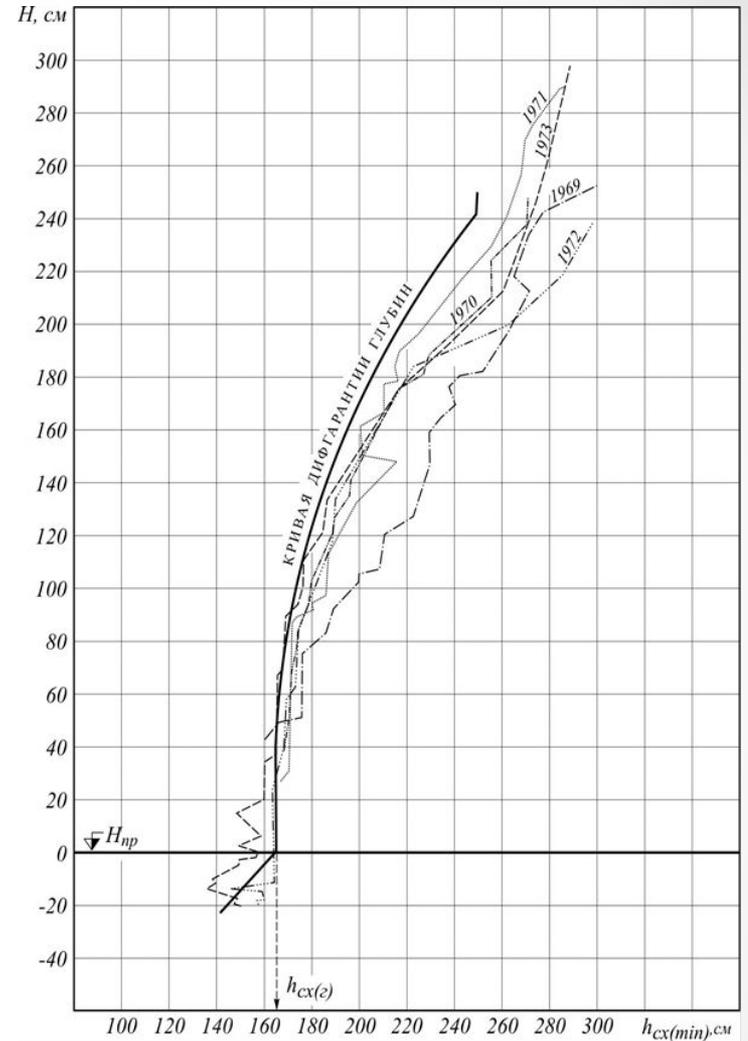


График обоснования габаритов пути:
 1 – затраты по транспортному флоту;
 2 – затраты на содержание пути;
 3 – суммарные приведенные затраты
 в зависимости от габаритов судового хода



Кривая дифференцированной гарантии
 глубин на плесе

В ходе изысканий должны быть собраны материалы

- инженерно-топографический план (в цифровом и графическом видах) трассы и ее вариантов, план съемки участков индивидуального проектирования;
- продольный профиль трассы с вариантами;
- планы подходов к конечным пунктам трассы;
- абрисы привязок характерных точек трассы к элементам ситуации;
- ведомости углов поворота, прямых и кривых (прямых и углов);
- акт сдачи вынесенных трасс и створных площадок.

Обязательный состав изыскательских работ, выполняемых на внутренних водных путях с целью содержания судовых ходов

Вид работ	Категории внутренних водных путей						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Создание планового и высотного обоснования для выполнения русловых съемок и гидрологических изысканий	++	+	+	+	+	+	+
2. Обследование состояния судового хода с начала навигации для выявления наиболее затруднительных участков	++	+	+	+	+	+	+
3. Определение очередности проведения путевых работ	++	+	-	-	-	-	-
4. Выполнение первичных, повторных и контрольных русловых съемок, необходимых для проектирования и планирования путевых работ, определения их эффективности	++	+	выполнение первичных съемок				
5. Трассирование дноуглубительных прорезей, вынос их в натуру, вынос в натуру проектов выправительных сооружений;	++	+	-	-	-	-	-
6. Составление укрупненных планов прорезей и подсчет объемов дноуглубительных работ	++	+	-	-	-	-	-
7. Составление карт внутренних водных путей и схем судовых ходов	++	+	+	++	++	++	+
8. Составление и регулярное заполнение паспортов перекатов	++	+	+	++	++	++	+
9. Составление альбомов планов участков внутренних водных путей	++	+	+	++	++	++	+
10. Наблюдения за колебаниями уровней воды с устройством временных гидрологических постов	++	+	+	++	++	++	+
11. Наблюдения за направлением струй и скоростями течения	++	+	+	++	++	++	+
12. Определение расходов воды	++	+	+	++	++	++	+
13. Изучение гранулометрического состава русловых наносов	++	+	+	++	++	++	+
14. Определение уклонов водной поверхности	++	+	+	++	++	++	+

Литература

- Проект Приказа Министерства транспорта РФ "Об утверждении Правил содержания судовых ходов и судоходных гидротехнических сооружений" (подготовлен Минтрансом России 23.12.2016)
- Перечень судовых ходов и категорий средств навигационной обстановки (Распоряжение Росморречфлота от 22.12.2016 г. № ВО-311-р)
- Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 07.03.2001 N 24-ФЗ (ред. от 01.07.2017)
- Техническая инструкция по производству русловых изысканий на внутренних водных путях : Утв. Гл. упр. вод. путей и гидросооружений М-ва реч. флота РСФСР 29.06.88. - М. : Транспорт, 1990. – 159
- Коломейцев В.Т. Внутренние водные пути и судоходные сооружения. Учебное пособие- М., 2014.