

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия и самостоятельная работа обучающегося по дисциплине «Гидротехнические и природоохранные сооружения. Гидротехническое строительство» в основном посвящены вопросам выполнения курсовой работы. В ней рассматривается одно из важных и наиболее распространенных гидротехнических сооружений — бетонная водосбросная плотина на нескальном основании. В процессе выполнения курсовой работы обучающийся знакомится с устройством этого сооружения, принципом его работы, а также получает навыки его конструирования и расчета.

Цель курсовой работы — запроектировать водосбросную плотину в составе низко- или средненапорного гидроузла в заданных условиях.

В ходе выполнения курсовой работы обучающийся решает ряд задач:

- 1) конструирование водосливной (в/с) плотины на нескальном основании;
- 2) выбор компоновки комплексного средне- или низконапорного гидроузла на равнинной реке;
- 3) расчетное обоснование схемы пропуска расходов воды в периоды эксплуатации и строительства гидроузла.

Обучающийся выступает в роли инженера и решает общие вопросы конструирования и расчетного обоснования конструкции бетонной водосливной плотины, а именно:

- 1) составление компоновочной схемы гидроузла, схемы пропуска расходов строительного периода;
- 2) выбор удельного расхода водосливной плотины;
- 3) обоснование типа, конструкции и размеров крепления нижнего бьефа и отдельных его элементов;
- 4) конструирование подземного контура водосливной плотины;
- 5) конструирование профиля водосливной плотины;
- 6) учет влияния несущей способности основания на конструирование профиля плотины.

В качестве *отчетных материалов* курсовой работы выступают:

1) пояснительная записка с расчетами по обоснованию принятых конструктивных и компоновочных решений по вышеперечисленным вопросам;

2) чертеж формата А2 с показом компоновки гидроузла на разрезе по створу и конструкции водосброса (водосливной плотины, крепления нижнего бьефа).

Общая последовательность выполнения курсовой работы следующая:

1) изучение задания. Выполнение анализа природных условий района строительства;

2) предварительная компоновка сооружений;

3) конструирование водосброса и его гидравлические расчеты;

4) компоновка водосливной плотины в составе гидроузла;

5) выбор профиля и конструирование элементов секции плотины;

6) конструирование подземного контура водосливной плотины и выполнение фильтрационных расчетов;

7) выполнение статических расчетов и принятие мер по обеспечению несущей способности основания;

8) выбор схемы пропуска строительных расходов.

Требования и рекомендации к выполнению этих задач, а также рекомендуемая последовательность расчетов изложены в соответствующих главах данного пособия.

1. УСЛОВИЯ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА

В качестве исходной информации к курсовой работе задаются:

- топография района строительства;
- геологическое строение в заданном створе;
- гидрологические данные о реке;
- проектные уровни водохранилища (нормальный подпорный уровень (НПУ), уровень мертвого объема (УМО)).

1.1. Природные условия

1.1.1. Топография и геологические условия площадки строительства

В качестве данных о рельефе площадки строительства обучающийся получает топографическую карту (масштаб 1:2000–1:10000), на основе которой формируется генплан (компоновочная схема) гидроузла.

Геологическое строение площадки строительства задается в виде геологического разреза по линии предполагаемого створа гидроузла, обозначенной на топографической карте. В задании указываются физико-механические свойства пород основания: удельные веса грунта в сухом состоянии $\gamma_{\text{сух}}$ и его частиц $\gamma_{\text{ч}}$, коэффициент фильтрации $k_{\text{ф}}$, прочностные показатели (угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c), а также задаются кривые зернового (гранулометрического) состава этих пород.

1.1.2. Гидрологические условия

В качестве гидрологических данных задаются характерные бытовые расходы реки:

- расчетный ($Q_{\text{расч}}$) — максимальный расход половодья (или паводка) для основного расчетного случая¹;
- максимальный строительный — максимальный расчетный расход воды для работы временных сооружений в период строительства;
- расход при перекрытии русла;
- минимальный — расход полезного попуска гидроузла.

¹Обеспеченность расхода основного расчетного случая в зависимости от класса сооружений составляет: 0,1 % для первого класса, 1 % для второго, 3 % для третьего [1].

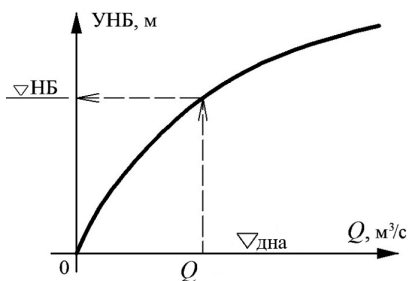


Рис. 1.1. Батиграфическая кривая

Кроме того, задается батиграфическая характеристика реки, которая представляет собой связь между уровнями воды в реке и расходами (рис. 1.1).

За отметку дна реки $\nabla_{\text{дна}}$ принимается уровень, соответствующий нулю батиграфической кривой.

1.2. Данные о проектируемом гидроузле

1.2.1. Назначение и состав гидроузла

Назначение гидроузла указывается в задании. В курсовой работе бакалавра, как правило, рассматривается гидроузел, назначением которого является водоснабжение или ирригация. В этом случае помимо бетонной водосливной плотины в состав гидроузлов входит грунтовая плотина. Принимается, что сооружения отраслевого назначения (насосная станция, водозабор) находятся далеко от створа гидроузла, а гидроузел используется в качестве мостового перехода в интересах развития автомобильного (или железнодорожного, если это указано в задании) транспорта.

1.3. Компоновка гидроузла

Одной из задач курсовой работы является выбор схемы компоновки сооружений гидроузла. Как правило, сооружения гидроузла располагают в том же створе, который указан в задании. Но по согласованию с консультантом может быть принят и иной створ.

1.3.1. Выбор типа компоновки гидроузла

Компоновка гидроузла тесно связана с величиной напора на гидроузел ($H = \text{НПУ} - \text{УНБ}_{\text{min}}$). Виды компоновки низконапорных ($H \approx 2 \div 10$ м), средненапорных ($H \approx 10 \div 50$ м) и высоконапорных гидроузлов заметно отличаются ($H > 50$ м).

Низконапорные гидроузлы создают водохранилище, которое почти не выходит за пределы русла. Поэтому обычно его бетонные сооружения располагаются в русле (русловая компоновка) и в его составе нет русловой грунтовой плотины. При компоновке такого гидроузла желательно расположить воднотранспортные и энергетические сооружения на разных берегах. Водосброс располагается между ними в русле реки для удобства пропуска льда и наносов.

Средненапорный гидроузел создает водохранилище, которое затопляет пойму и частично долину реки. Различают 3 вида компоновки средненапорных гидроузлов в зависимости от места расположения бетонных сооружений: *пойменная* (на пойме), *русовая* (в русле) и *полупойменная* (с расположением части бетонных сооружений в русле реки, а части — на пойме). Каждый из типов компоновки обладает своими преимуществами и недостатками.

Обычно стремятся к пойменной компоновке (рис. 1.2), так как это упрощает пропуск строительных расходов, бетонные сооружения гидроузла до перекрытия русла реки строятся в котловане на пойме, под защитой естественной перемычки. Водный поток реки в этот период проходит по естественному руслу.

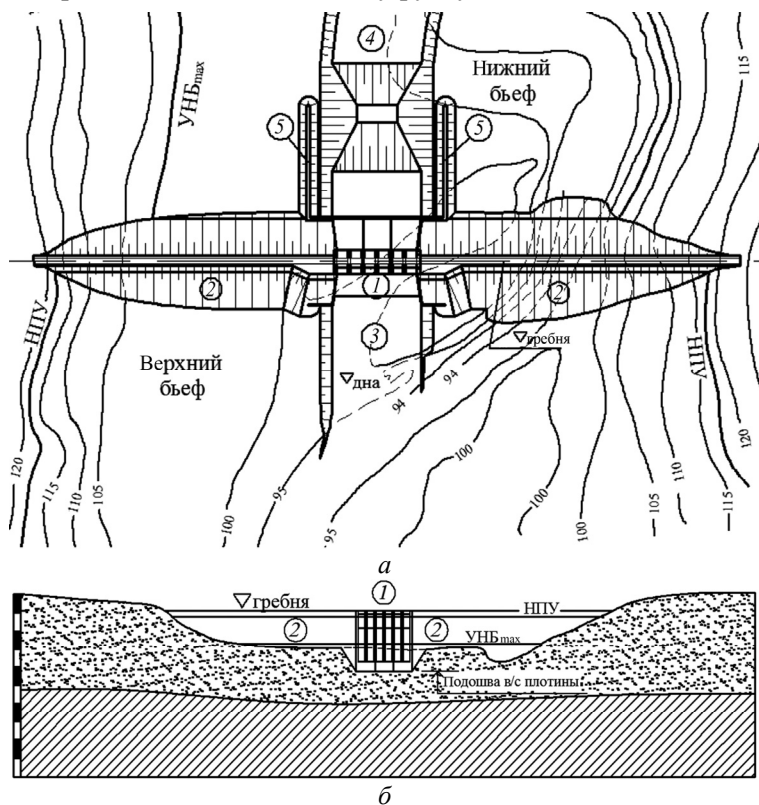


Рис. 1.2. Пойменная компоновка гидроузла: *а* — генплан; *б* — разрез по створу; 1 — бетонная водосливная плотина; 2 — грунтовая (земляная) плотина; 3 — подводный канал к бетонной водосливной плотине; 4 — отводящий канал; 5 — струенаправляющая дамба

По мере готовности бетонной водосливной плотины русло реки перекрывают глухой грунтовой плотиной. Недостаток пойменной компоновки заключается в том, что ее применение может потребовать выполнения большого объема земляных работ. Поэтому данная компоновка рекомендуется при наличии у реки широкой поймы, на которой могут разместиться бетонные сооружения гидроузла.

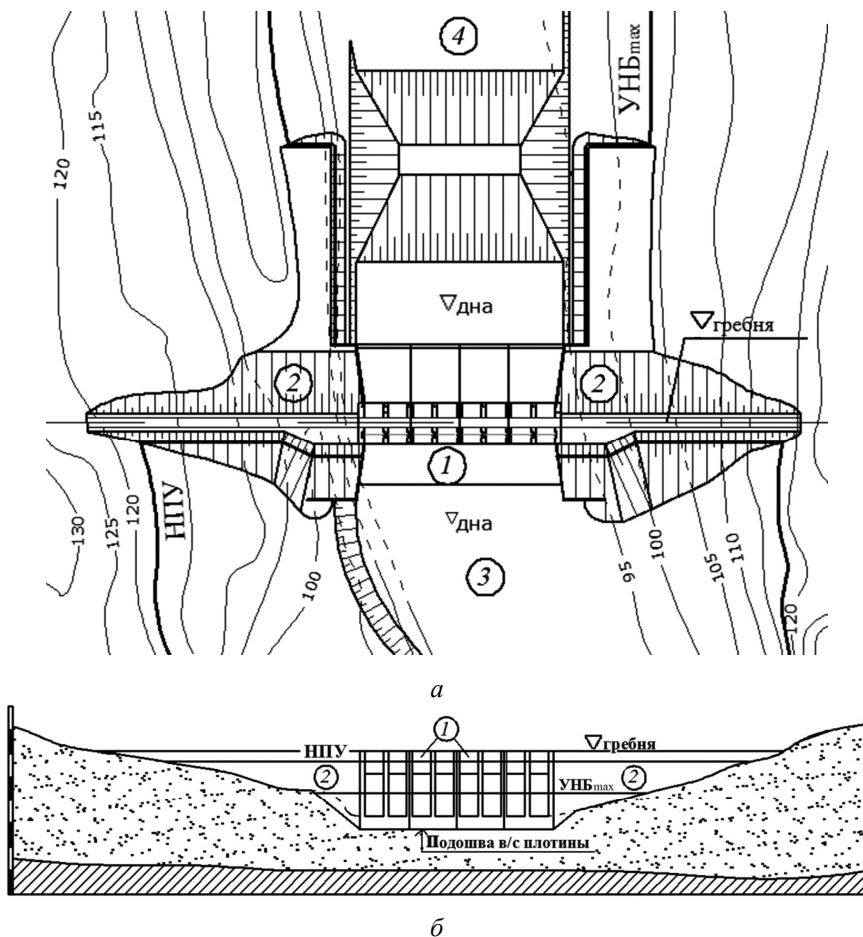


Рис. 1.3. Русловая компоновка гидроузла: *а* — генплан; *б* — разрез по створу; остальные обозначения см. на рис. 1.2

Использование русловой компоновки ведет к усложнению схемы возведения гидроузла и пропуска воды в период строительства. При

русловой компоновке строительство бетонных сооружений чаще всего ведут методом секционных перемычек, который предусматривает возведение сооружения в 2 и более этапов. На *первом* этапе часть русла отгораживают перемычкой, под защитой которой производят работы в котловане. Сужение русла перемычкой может привести к размыву русла и/или к ухудшению условий судоходства (если река судоходная). После завершения возведения фундамента бетонных сооружений поперечные ограждающие перемычки разбирают. На *втором* этапе производят перекрытие другой части русла, а строительные расходы пропускаются через недостроенное бетонное сооружение.

Однако иногда русловая компоновка является единственно возможным решением — когда долина реки имеет широкое русло и крутые берега (рис. 1.3). Этот случай характерен для низконапорных гидроузлов. Кроме того, русловая компоновка может быть удобной, если в створе гидроузла река разделяется на рукава.

В случае, когда использование пойменной компоновки приведет к необходимости выемки грунта большого объема, применяют полупойменную компоновку.

На стадии предварительной компоновки гидроузла необходимо выбрать вид компоновки (пойменная, русловая, полупойменная), выбрать створ гидроузла, наметить местоположение основных сооружений на плане и разрезе по створу. Выбор компоновки гидроузла необходимо согласовать с консультантом курсовой работы.

1.3.2. Рекомендации по компоновке гидроузла

В практике проектирования выбор компоновки гидроузла осуществляют на основе принципа его минимальной стоимости с учетом требований эксплуатации, удобства ведения строительных и ремонтных работ, социальной и экологической безопасности. При этом рассматривают несколько вариантов компоновки.

В курсовой работе гидроузел компонуется исходя из следующих рекомендаций:

- бетонную плотину желательно располагать на породах однородного состава и достаточной прочности;
- котлован бетонной плотины желательно располагать на незаплаиваемой части поймы;
- необходимо минимизировать объем выемки грунта под котлован бетонной плотины.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ВОДОСЛИВНОЙ ПЛОТИНЫ

2.1. Условия проектирования

Перед проектированием необходимо назначить класс сооружения не ниже третьего по рекомендациям [1; 11]. Коэффициент надежности по степени ответственности сооружений γ_n принимается равным 1,25; 1,20; 1,15 соответственно для сооружений I, II и III класса [1; 11].

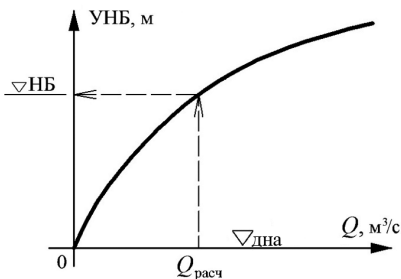


Рис. 2.1. Определение расчетного УНБ

Проектирование элементов водосливной плотины производится для случая пропуска через гидроузел максимального паводка основного расчетного случая (в задании — расчетный расход). Для этого расхода определяется (рис. 2.1) уровень нижнего бьефа. Пропуск через гидроузел этого расхода должен быть обеспечен при НПУ водохранилища, поэтому он определяет конструкцию водосброса.

По российским нормам [1, п. 8.26] пропуск расчетного расхода воды для основного расчетного случая должен обеспечиваться через все водопропускные сооружения гидроузла.

Из-за недостаточности исходных данных в курсовой работе принимается, что только водосливная плотина пропускает паводковые расходы. Поверхность рисбермы обычно располагают на отметке дна реки. По геологическому разрезу в соответствии с принятой компоновкой гидроузла необходимо определить те грунты, которые будут являться основанием сооружений водосброса и крепления русла (рис. 2.2).

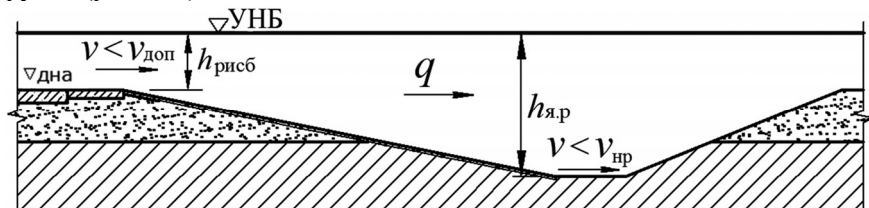


Рис. 2.2. Схема к определению вида грунта, слагающего дно русла в яме размыва

2.2. Выбор удельного расхода на рисберме

2.2.1. Принципы выбора удельного расхода

Так как от величины удельного расхода зависит стоимость гидроузла в целом, его надежность и безопасность, в практике проектирования ее выбор ведется путем технико-экономического сравнения вариантов [2, п. 4.5] и нахождения минимума общей стоимости гидроузла (стоимости плотины и крепления русла).

В курсовой работе удельный расход предлагается принимать максимально возможным по условию надежной работы крепления русла. Этот расход, с одной стороны, должен быть наибольшим, но с другой — не должен приводить к разрушению крепления нижнего бьефа и значительной эрозии русла. Для определения наибольшего допустимого удельного расхода предлагается 2 способа:

- 1) по допустимым скоростям на рисберме (приближенный);
- 2) по допустимой глубине ямы размыва за креплением русла.

2.2.2. Определение удельного расхода по допустимым скоростям

На основе опыта эксплуатации построенных гидроузлов установлено, что размывы русла не угрожают безопасности гидроузла, если скорости за рисбермой не превышают некоторых допустимых. При этом имеются в виду средние по глубине скорости, что делает этот способ приближенным. Однако допустимые скорости позволяют не допустить развитие значительных русловых деформаций в нижнем бьефе гидроузла.

Для песчаных грунтов на дне отводящего канала допустимую скорость $v_{\text{доп}}$ принимают равной 2÷3 м/с (более высокие значения соответствуют более крупнозернистым грунтам), для глинистых — 3÷4 м/с (в зависимости от величины сцепления) [2, с. 117]. Тогда при известной глубине потока на рисберме $h_{\text{рисб}}$ удельный расход равен

$$q_{\text{рисб}} = v_{\text{доп}} \cdot h_{\text{рисб}}. \quad (2.1)$$

Кроме того, определенный по этому способу удельный расход для низко- и средненапорных водосбросных плотин гарантирует, что для затопления гидравлического прыжка не потребуется устройство глубокого водобойного колодца.

2.2.2. Определение удельного расхода по глубине ямы размыва

После схода потока с бетонного крепления рисбермы происходит местный размыв русла — образуется яма размыва. Чтобы обезопасить крепление русла от этого процесса, выполняют углубление русла в виде ковша, что позволяет снизить скорости потока до неразмывающих. Так как поверхность откоса ковша (со стороны водосброса) покрывают защитным креплением, она защищена от размыва. Размыв может развиваться лишь в глубину.

Задаваясь глубиной, при которой произойдет стабилизация ямы размыва (глубиной ковша), можно определить соответствующую предельную величину удельного расхода:

$$q_{\text{рисб}} = v_{\text{нр}} \cdot h_{\text{я.р}} / \beta, \quad (2.2)$$

где $v_{\text{нр}}$ — неразмывающая скорость для грунта на дне ямы размыва;

$h_{\text{я.р}}$ — глубина воды в яме размыва;

β — коэффициент, учитывающий неравномерности распределения удельного расхода по ширине водосливного фронта (обычно $1,1 \div 1,3$).

Для определения неразмывающей скорости $v_{\text{нр}}$ можно использовать справочные данные [3] или эмпирические формулы. В частности, по Студеничникову [2, п. 4.4]:

$$v_{\text{нр}} = \frac{1,15 \sqrt{g} \sqrt[4]{d_{50} h_{\text{я.р}}}}{(k_p)^{1,25}}, \quad (2.3)$$

где d_{50} — средний диаметр частиц грунта, залегающего на дне ямы размыва;

k_p — коэффициент размывающей способности потока.

Обычно рисберму устраивают на длину более $20h_{\text{кр}}$. В этом случае $k_p = 1,05$ [2, с. 115, рис. 4.18].

Для несвязных грунтов d_{50} определяют по кривой зернового состава (в задании). Для связных грунтов, у которых неразмывающая скорость зависит не от гранулометрического состава грунта, а от его удельного сцепления и пористости, вместо d_{50} в расчет вводят эквивалентный ему диаметр. Его следует принимать по табл. 2.1 [2, с. 115, табл. 4.4] в зависимости от коэффициента пористости грунта ε . Коэффициент пористости связан с удельным весом сухого грунта $\gamma_{\text{сух}}$ и частиц $\gamma_{\text{ч}}$ соотношением $\varepsilon = \gamma_{\text{ч}} / \gamma_{\text{сух}} - 1$.

Эквивалентный диаметр агрегатов связных грунтов, мм

Вид грунта	$\varepsilon > 1,2$	$\varepsilon = 1,2 \div 0,6$	$\varepsilon = 0,6 \div 0,3$	$\varepsilon = 0,3 \div 0,2$
Глины	0,15	2	10	50
Тяжелые суглинки	0,15	3	10	50
Тощие суглинки	0,15	3	10	50

Неразмывающую скорость необходимо определять для того грунта, который лежит на дне ямы размыва.

Глубину воды в ковше (яме размыва) назначают исходя из технической возможности и экономической эффективности устройства глубокого ковша. Для несвязных грунтов глубину ковша принимают до $h_k = (1 \div 2)h_{\text{рисб}}$, а для связных — до $h_k = (0,5 \div 1)h_{\text{рисб}}$. В абсолютных значениях глубина ковша в случае несвязных грунтов может достигать 30 м, в случае связных — 15 м. Однако для мелких рек глубины ковша не превышают соответственно 5 и 10 м.

Назначив глубину ковша, можно определить глубину воды в нем:

$$h_{\text{я.р}} = h_{\text{рисб}} + h_k.$$

2.2.3. Рекомендации к выбору удельного расхода на рисберме

Определив удельный расход двумя способами, необходимо выбрать проектную величину удельного расхода, которая бы позволяла минимизировать затраты на возведение гидроузла. Так как в курсовой работе нет возможности выполнить технико-экономическое сравнение вариантов, советуем воспользоваться следующими рекомендациями:

- не следует принимать удельный расход, значительно превышающий полученный по допустимым скоростям, так как в этом случае могут произойти значительные русловые деформации в нижнем бьефе гидроузла и потребоваться дорогие водобойные устройства;
- при больших глубинах нижнего бьефа (> 15 м) следует иметь в виду, что метод допустимых скоростей дает завышенный удельный расход;
- удельный расход можно несколько повысить, если устроить на дне ковша каменную наброску, которая смогла бы защитить крепление водосбросной плотины от размыва при образовании ямы размыва;

• так как стоимость крепления зависит не только от глубины нижнего бьефа, но и от напора на сооружение, то удельный расход следует выбирать с учетом возможности гашения энергии в гидравлическом прыжке.

Выбранный удельный расход необходимо согласовать с консультантом. При этом необходимо определить примерную ширину рисбермы плотины вдоль напорного фронта:

$$B_{\text{рисб}} = \frac{Q_{\text{в/с}}}{q_{\text{рисб}}}$$

и уточнить размещение плотины на генплане.

Полученная ширина рисбермы $B_{\text{рисб}}$ соответствует расстоянию между двумя устоями (крайние быки) водосливной плотины.

Пример расчета

Дно реки расположено на отметке 93 м. Глубина реки при пропуске расхода расчетного случая в соответствии с батиграфической кривой составляет 10 м. Русло реки сложено мелкозернистым песком, однако ниже отметки 84 м залегает суглинок.

Необходимо определить наибольший допустимый удельный расход $q_{\text{рисб}}$ двумя способами и назначить его значение.

Решение

Поверхность рисбермы расположим на отметке дна реки. Тогда глубина воды на рисберме $h_{\text{рисб}}$ будет соответствовать глубине нижнего бьефа, т.е. 10 м.

Определим наибольший допустимый удельный расход по методу допустимых скоростей на рисберме. Так как рисберма сложена песком, то допустимую скорость примем равной 2,5 м/с. Тогда удельный расход

$$q_{\text{рисб}} = v_{\text{доп}} \cdot h_{\text{рисб}} = 2,5 \cdot 10 = 25 \frac{\text{м}^3}{\text{с} \cdot \text{пог. м}}$$

Определим наибольший допустимый удельный расход по возможной глубине ямы размыва, по способу неразмывающих скоростей. Так как в основании есть глинистый грунт, не будем устраивать глубокий ковш. Назначим глубину ковша равной $h_{\text{рисб}}$. Тогда глубина воды в ковше составит

$$h_{\text{я.п}} = h_{\text{рисб}} + h_{\text{к}} = 10 + 10 = 20 \text{ м.}$$

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru