

УДК 627.421

**Гоголев Алексей Евгеньевич**<sup>1</sup>, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений,

e-mail: gogolev.alexey@bk.ru

**Милицын Дмитрий Алексеевич**<sup>1</sup>, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений

e-mail: miltsinda@mail.ru

<sup>1</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

## ВЫПРАВИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ, ИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

*Аннотация.* Материал тезисов описывает запроектированные в рамках улучшения судоходных условий выправительные сооружения в виде полузапруд и струенаправляющих дамб на реке Верхняя Кама. Дается описание конструкции сооружений, основных объемов работ и технологии возведения с учетом особенностей работы в отдаленном от крупных населенных пунктов районе.

*Ключевые слова:* выправительное сооружение, струенаправляющая дамба, полузапруда, внутренние водные пути, улучшение судоходных условий, регулирование рек.

В рамках проектирования улучшения судоходных условий на участке реки Верхняя Кама от поселка Бондюг до г. Соликамск разработан комплекс путевых работ, включающих проведение коренного дноуглубления на отдельных участках, изменение схемы расстановки средств навигационного оборудования и устройства выправительных сооружений в виде струенаправляющих дамб и полузапруд.

Полузапруда представляет собой поперечное сооружение активного действия, которое перекрывает часть поперечного сечения русла и, таким образом, перераспределяет расход воды по ширине русла, увеличивая скорости течения на выправительной трассе и в районе судового хода [1, 2]. В результате под действием увеличенной скорости течения происходит размыв дна и достигается и поддерживается заданная глубина в пределах судового хода.

При низких уровнях воды, когда полузапруды работают в незатопленном состоянии, весь поток движется только в пределах выправительной трассы (по ширине русла между головой сооружения и противоположным берегом). Весной или во время паводка полузапруды оказываются затопленными. В этот период полузапруды вытесняют в сторону выправительной трассы только небольшую часть расхода воды. Следовательно, наибольшее воздействие на поток и русло они оказывают при низких (меженных) уровнях, а при высоких уровнях влияние полузапруд на поток существенно снижается. Поэтому полузапруды являются выправительными сооружениями преимущественно меженного действия. Весной их полезная работа сводится в основном к отвлечению донных струй, а вместе с ними и наносов, за пределы выправительной трассы. Поскольку улучшение судоходных условий на Верхней Каме направлено на поддержание увеличенных габаритов водного пути только лишь в течение экспедиционного периода,

включающего половодье и спад половодья (порядка двух месяцев, май-июнь), необходима эффективная работа проектируемых сооружений в данный период. В межень, при резком снижении уровня воды эффективная работа полузапруд по сужению русла не требуется.

Струенаправляющие дамбы являются продольными сооружениями активного действия, они предназначены для направления течения воды в сторону судового хода и для обеспечения плавного сопряжения потоков на участках их слияния [1, 2]. Дамбы способствуют ликвидации вредного влияния растекания потока (свальных течений) в боковые емкости русла, побочные протоки и рукава, что обеспечивает улучшение судоходных условий на затруднительных участках рек.

Струенаправляющие дамбы обычно возводятся достаточно высокими (2-3 м и более над межженным уровнем). Поэтому они эффективно работают в потоке не только при низких уровнях воды, но и весной, особенно в период спада паводка. При этом большой период времени они находятся в незатопленном состоянии, обеспечивая движение основной части расхода воды вдоль судоходной трассы. В результате происходит смыв наносов со дна, предотвращение их осаждения; таким образом, обеспечиваются заданные габариты судового хода на затруднительном участке реки.

Конструкцию выправительных сооружений выбирают в зависимости от расчетного срока его службы и местных условий на затруднительном участке реки: глубины и скорости течения, особенности пропуска ледохода, наличия местных строительных материалов, строительного оборудования для их возведения и др.

При строительстве выправительных сооружений в настоящее время применяют такие строительные материалы, которые позволяют наиболее полно механизировать процесс строительства, поэтому для их возведения применяют чаще всего камень, грунт, сваи, бетонные плиты и габионы.

Сооружения из грунта в настоящее время являются самыми распространенными, так как их возведение поддается почти полной механизации с использованием местного строительного материала. Это позволяет значительно снизить затраты на возведение выправительных сооружений, а также повысить скорость их возведения. При сооружении дамб и полузапруд активно может применяться грунт, полученный в результате проведения дноуглубительных работ на смежном участке водного пути.

Укрепление надводного профиля сооружений из грунта повышает сопротивляемость этих сооружений размыву течением воды и разрушению ледоходом и, как следствие, продлевает их срок службы. Однако это укрепление, в то же время, значительно увеличивает стоимость сооружения. В ряде случаев более экономичным является оставление сооружений неукрепленными, с необходимым производством ремонтных работ по подсыпке грунта в тело сооружения при обнаружении размывов гребня и откосов после спада высокой воды, когда эти сооружения находились в затопленном состоянии.

Рассматриваемый участок реки Верхняя Кама в местах расположения выправительных сооружений достаточно удален от крупных населенных пунктов и имеет слабо развитую дорожную сеть для возможности оперативной доставки строительных материалов. В связи с этим с целью снижения единовременных затрат на улучшение судоходных условий в качестве основного строительного материала выправительных сооружений предлагается использование местного грунта (песка разнозернистого) без дополнительного крепления.

На рассматриваемом в работе участке реки Верхняя Кама в рамках улучшения судоходных условий запроектировано четыре выправительных сооружения, в том числе две полузапруды и две струенаправляющие дамбы.

Основная технология устройства всех четырех сооружений сходна и заключается в формировании тела насыпи путем отсыпки плавучим краном грунта из воды. На первом этапе работ производится подготовка береговой полосы в районе корня сооружения. Береговая бровка уполаживается до заложения откоса не круче 1:2-1:4, очищается от

растительности. Далее плавучим краном осуществляется отсыпка подводной части сооружения от корня к голове до отметки на 0,5 м выше строительного уровня воды. При отсыпке подводной части естественное заложение откосов сооружения принято с учетом уполаживания песка в воде 1:8. После окончания работы на подводном ярусе происходит формирование надводного яруса выправительного сооружения с заложением откоса 1:3. Подводная часть сооружения также может формироваться путем отсыпки грунта шаландами при проведении дноуглубительных работ вблизи места строительства полузапруды или дамбы.

В качестве строительного уровня воды принят уровень спада половодья на 1,5 м ниже условного проектного уровня, соответствующего отметке «+300 см» по водомерному посту Бондюг.

Полузапруды на 6 км судового хода реки Кама. Конструкция полузапруды представляет собой трапециевидальную в поперечном сечении насыпь из местного грунта (песка разномерного) без дополнительного крепления откосов и гребня. Поскольку полузапруды полностью отсыпается в воду, заложения откосов приняты с учетом уполаживания песка в воде при отсыпке 1:8. Общая длина полузапруды составляет 151,8 м, ширина по гребню 4,0 м, максимальная ширина по подошве 30,7 м. Гребень полузапруды имеет продольный уклон 1:300 от корня к голове сооружения. У корня сооружения гребень для дополнительного сопряжения с береговой полосой завышается с уклоном 1:10. Береговая полоса в пределах корня, а также на участке выше и ниже по течению на 25 м уполаживается. Минимальная отметка гребня в районе головы принята в соответствии с ранее приведенным расчетом и соответствует уровню воды 80% обеспеченности за экспедиционный период. Сопряжение полузапруды с береговой полосой выполнено на отметке условного уровня воды, соответствующего уровню «+300 см» по водомерному посту Бондюг.

Общий вид полузапруды на 6 км судового хода реки Верхняя Кама представлен на рисунке 1.

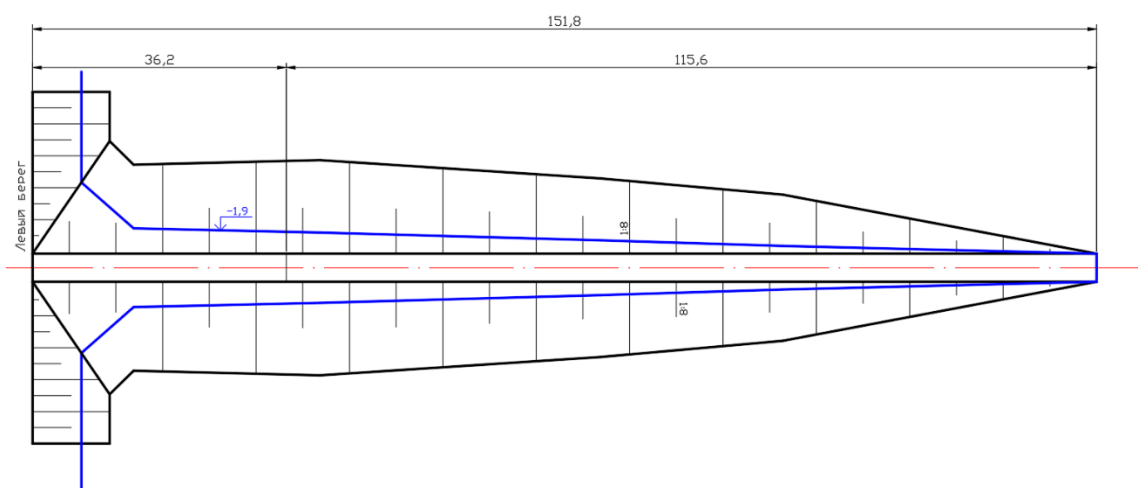


Рисунок 1 – Общий вид полузапруды дамбы на 6 км с/х

Струенаправляющая дамба на 28 км судового хода реки Кама. Конструкция струенаправляющей дамбы представляет собой трапециевидальную в поперечном сечении насыпь из местного грунта (песка разномерного) без дополнительного крепления откосов и гребня. По высоте дамба разделена на два яруса: подводный с заложением откосов 1:8 и надводный с заложением откосов 1:3. Общая длина дамбы составляет 188,2 м, ширина по гребню 4,0 м, максимальная ширина по подошве 47,8 м. Гребень дамбы имеет продольный уклон 1:300 от корня к голове сооружения. У корня сооружения гребень для дополнительного сопряжения с береговой полосой завышается с уклоном

1:10. Береговая полоса в пределах корня, а также на участке выше и ниже по течению на 30 м уположивается до заложения 1:2. Минимальная отметка гребня в районе головы принята конструктивно из условия работы при высоком уровне воды и соответствует условному уровню воды «+300 см» по водомерному посту Бондюг. Сопряжение полузапруды с береговой полосой выполнено на отметке на 2,2 м выше отметки гребня у головы сооружения.

Общий вид струенаправляющей дамбы на 28 км судового хода реки Верхняя Кама представлены на рисунке 1.

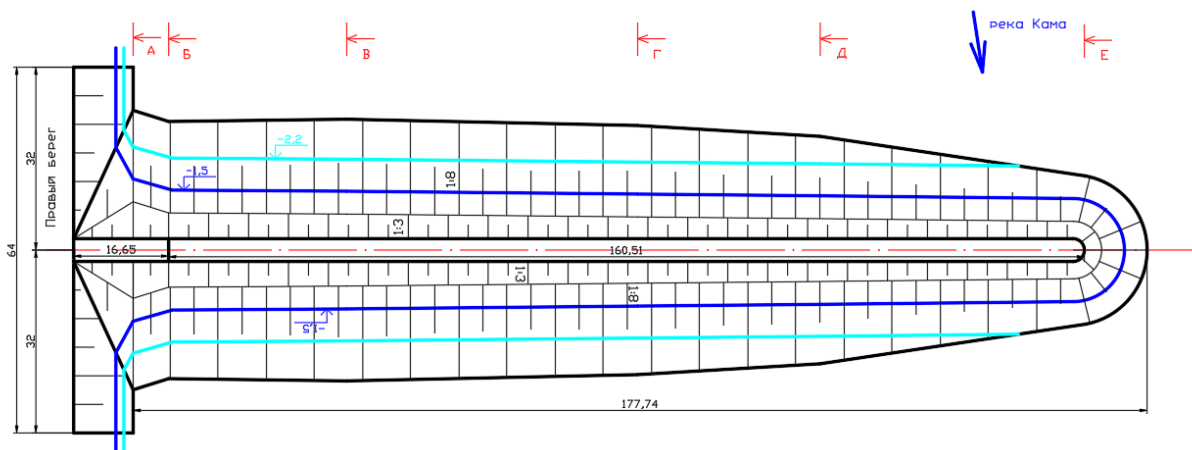


Рисунок 2 – Общий вид струенаправляющей дамбы на 28 км с/х

Струенаправляющая дамба на 34 км судового хода реки Кама. Конструкция струенаправляющей дамбы представляет собой трапецидальную в поперечном сечении насыпь из местного грунта (песка разнозернистого) без дополнительного крепления откосов и гребня. По высоте дамба разделена на два яруса: подводный с заложением откосов 1:8 и надводный с заложением откосов 1:3. Общая длина дамбы составляет 417,5 м, ширина по гребню 4,0 м, максимальная ширина по подошве 47,4 м. Гребень полузапруды имеет продольный уклон 1:300 от корня к голове сооружения. У корня сооружения гребень для дополнительного сопряжения с береговой полосой завышается с уклоном 1:10. Береговая полоса в пределах корня, а также на участке выше и ниже по течению на 25 м уположивается. Минимальная отметка гребня в районе головы принята конструктивно из условия работы при высоком уровне воды и соответствует условному уровню воды «+300 см» по водомерному посту Бондюг. Сопряжение полузапруды с береговой полосой выполнено на отметке на 2,2 м выше отметки гребня у головы сооружения.

Полузапруды на 45 км судового хода реки Кама. Конструкция полузапруды представляет собой трапецидальную в поперечном сечении насыпь из местного грунта (песка разнозернистого) без дополнительного крепления откосов и гребня. По высоте дамба разделена на два яруса: подводный с заложением откосов 1:8 и надводный с заложением откосов 1:3. Общая длина полузапруды составляет 128,5 м, ширина по гребню 4,0 м, максимальная ширина по подошве 19,7 м. Гребень полузапруды имеет продольный уклон 1:40 от корня к голове сооружения. Береговая полоса в пределах корня, а также на участке выше и ниже по течению на 15 м уположивается. Минимальная отметка гребня в районе головы принята в соответствии с ранее приведенным расчетом и соответствует уровню воды 80% обеспеченности за экспедиционный период. Сопряжение полузапруды с береговой полосой выполнено на отметке на 3,2 м выше отметки головы сооружения.

Произведены расчеты необходимого объема грунта на возведение выправительных сооружений, результаты которых показали, что полученные объемы не превышают

объемы коренных дноуглубительных работ, выполняемых на участке в рамках улучшения судоходства, следовательно, разработанного местного грунта будет достаточно для проведения выправительных работ.

**Список литературы:**

1. Гладков, Г. Л. Содержание внутренних водных путей. Навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства: учебное пособие / Г. Л. Гладков, В. А. Бекряшев, Е. Л. Бродский. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 236 с.
2. Гладков, Г. Л. Содержание внутренних водных путей. Путевые работы: учебное пособие / Г. Л. Гладков, М. В. Журавлев, Ю. П. Соколов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 248 с.

**RIGHTENING FACILITIES TO IMPROVE NAVIGATION CONDITIONS, THEIR  
STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS**

Alexey E. Gogolev, Dmitry A. Miltsyn

*Abstract.* The material of the theses describes the penitentiary structures designed as part of the improvement of navigation conditions in the form of semi-dams and jet-directing dams on the Upper Kama River. A description is given of the construction of structures, the main scope of work and construction technology, taking into account the peculiarities of work in an area separated from large settlements.

*Keywords:* correctional facility, jet-directing dam, semi-dam, inland waterways, improvement of navigable conditions, river regulation