

УДК 627.16, 627.423

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛЕСОВ НА ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ МОРСКОМ СУДОХОДНОМ КАНАЛЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА И СНИЖЕНИЯ ЕГО ЗАНОСИМОСТИ

Шестова Марина Вадимовна¹, доцент, к.т.н., доцент кафедры ВП и ГС

e-mail: shestowam@yandex.ru

Воронина Юлия Евгеньевна¹, доцент, к.т.н., доцент кафедры ВП и ГС

e-mail: yulez@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Одной из основных проблем при организации судоходства на Волго-Каспийском морском судоходном канале (ВКМСК) является его заносимость. Анализ современного состояния морской части ВКМСК показал необходимость в изменении скоростного поля на лимитирующем участке 80-145 км канала. В работе обоснована целесообразность создания искусственных плесов как одного из способов стабилизации скоростного режима на исследуемом участке канала и, как следствие, снижения интенсивности его заносимости.

Ключевые слова: судоходство, заносимость, дноуглубление, понижение уровня воды, скоростной режим водотока.

JUSTIFICATION OF THE EXPEDIENCY OF CREATING ARTIFICIAL PLES ON THE VOLGA-CASPIAN SEA SHIPPING CHANNEL TO MAINTAIN SAFE NAVIGATION CONDITIONS AND REDUCE ITS DRIFT

Marina V. Shestova¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Waterways and Hydraulic Structures

e-mail: shestowam@yandex.ru

Yulia E. Voronina¹, Associate Professor of the Department of Waterways and Hydraulic Structures

e-mail: yulez@yandex.ru

¹Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Abstract. One of the main problems in the organization of navigation on the Volga-Caspian Sea Shipping Channel (VKMSK) is its portability. An analysis of the current state of the marine part of the VKMSK showed the need to change the velocity field in the limiting section of the 80-145 km channel. The paper substantiates the expediency of creating artificial ples as one of the ways to stabilize the speed regime in the studied section of the canal and, as a result, reduce the intensity of its drift.

Keywords: navigation, drift, dredging, lowering of the water level, high-speed regime of the watercourse.

Волго-Каспийской морской судоходный канал – самотечный канал открытого типа (без шлюзов). Свое начало он берет от поселка Красные Баррикады, расположенного на Бахтемире в 21 км ниже Астрахани, и далее идет в сторону моря. Общая протяженность ВКМСК - 188 км.

Канал включает в себя две части – речную (0-146 км) и морскую (146-188 км) [1]. Речная часть ВКМСК организована в самом западном рукаве устьевой области р. Волга – рукаве Бахтемир. Примерно с 83 км канала речной поток идет по искусственной прорези между свалками грунта нарефулированного в свое время при производстве дноуглубительных работ. Морская часть представляет собой искусственно созданный канал, расположенный в пределах устьевого взморья р. Волга на мелководной части Каспийского моря.

На сегодняшний день ВКМСК поддерживается в судоходном состоянии для судов с осадкой до 4,5 м в основном за счет дорогостоящих и непрерывных дноуглубительных работ. Ежегодно из канала извлекаются миллионы кубометров грунта и его объемы растут – с порядка 3 млн.м³ в 2022 г. до 10,2 млн. м³ в 2023 г. и 6,8 млн. м³ в 2024 г. Причиной нестабильного судоходного состояния канала является целая совокупность причин: понижение уровня Каспийского моря, сгонно-нагонные явления, высокая заносимость канала, что в свою очередь определяется с одной стороны стоком наносов, выносимых с обширной дельты р.Волга, с другой стороны перемещением донных наносов и размывом многочисленных островов, балок и отвалов от дноуглубительных работ в морской части. В совокупности это определяет ситуацию с судоходными глубинами в акватории канала [2-4].

Анализ русловых деформаций в границах канала показал, что в условиях понижения уровня воды в Каспийском море часть морского участка, ограниченная с восточной и западной стороны искусственными бровками подводных отвалов грунта (до 155 км), переходит в разряд водотока с русловыми процессами, характерными для естественных равнинных рек (в том числе формируются своеобразные мелководные перекаты, которые чередуются с более глубокими плесами). В результате проведенных исследований был сделан вывод о необходимости снижения скоростного поля потока, что позволит снизить интенсивность заносимости канала и, в первую очередь, на лимитирующем участке 80-145 км ВКМСК.

С учетом этого в качестве варианта улучшения судоходных условий на ВКМСК (за счет снижения скоростей течения), а также мероприятия, способствующего снижению заносимости в канале, предлагается рассмотреть создание искусственных плесов в обвалованной части канала посредством проведения дополнительных дноуглубительных работ. При этом дноуглубление предлагается выполнить таким образом и на таких участках канала, чтобы вызвать «контролируемое» понижение уровня воды. Это позволит выровнять уклоны свободной поверхности воды вдоль канала и, как следствие, снизить скорость течения на тех участках, где это необходимо. В свою очередь, выравнивание скоростей течения по длине канала будет способствовать уменьшению интенсивности его заносимости на тех участках, где в современных условиях она значительна.

На первом этапе гидравлических расчетов искусственных плесов (с учетом имеющихся исходных данных) была применена некоторая схематизация реальной картины, имеющей место на обвалованном участке канала (от взморья), а вычисления проводились с использованием гидравлических и морфометрических характеристик, осреднённых в пределах однорукавного русла без учета проранов вдоль канала. Для оценки характера изменения уклонов свободной поверхности воды по длине канала были использованы



результаты исследований ВГУВТ, а именно средние высотные отметки уровней воды по гидрологическим постам за период с мая по август 2024 г. [2]. На основе имеющихся данных была построена осредненная кривая свободной поверхности воды по длине канала, что, в свою очередь, позволило выделить основные участки, в пределах которых уклон изменяется равномерно (Рисунок 1).

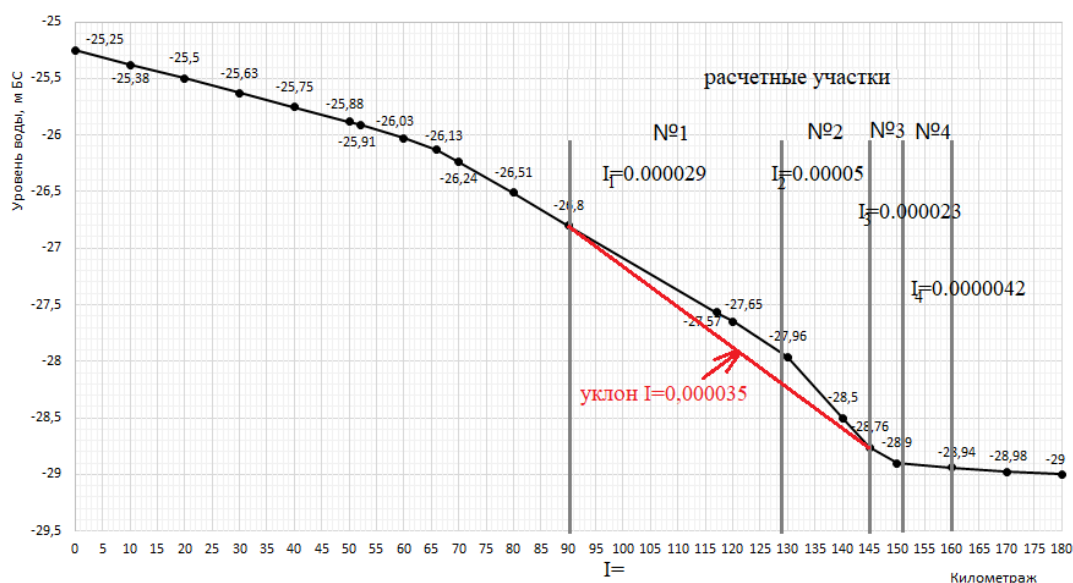


Рисунок 1 – Осредненная кривая свободной поверхности воды по длине канала

Максимальное значение уклона свободной поверхности воды (5 см/км) соответствует участку на 129-145 км, здесь же фиксируются и максимальные значения скоростей течения. С учетом этого предлагается создание искусственных плесов на участке с максимальным уклоном и скоростями течения (129-145 км). Целью является «контролируемое» понижение уровня воды с максимальным значением в районе 129 км и выполаживанием кривой свободной поверхности на участке 90-145 км до расчетного уклона, равного 0,000035. Максимальное понижение уровня воды в этом случае определяется на 129,9 км и составляет порядка 25,7 см.

В качестве исходного планового материала для выяснения конфигураций поперечных сечений по длине канала и определения расстояний между ними были использованы планы русловых съемок за период с 21 марта по 23 апреля 2024 г. Гидравлические расчеты понижения уровня воды выполнялись в пределах двух расчетных участков: №1 (90-129 км) и №2 (129-145 км).

При назначении местоположения и определении протяженности искусственных плесов (проектных прорезей) учитывались следующие факторы:

- наличие протяженных проранов с восточной и западной стороны канала ниже 138 км - исходя из этого, проектирование плесов выполнялось на участке выше 138 км;
- фактические глубины на продольном профиле канала - в первую очередь, рассматривались участки для устройства искусственных плесов там, где требуется транзитное дноуглубление для поддержания навигационной глубины;
- чередование проектируемых плесов с естественными мелководными участками (перекатами) – рекомендуемая длина мелководного участка по возможности должна составлять от 3 длин плеса;
- характер изменения кривой свободной поверхности в результате разработки плесов - прогнозируемая максимальная величина посадки уровня воды 25,7 см должна наблюдаться на 129,9 км.

На основании полученных результатов гидравлических расчетов по разработке искусственных плесов были сделаны следующие выводы и даны рекомендации:

1. Разработка искусственных плесов должна выполняться с параметрами, приведенными в Таблице 1 (глубина разработки 11,3 м указана от отсчетных уровней воды по указанным в паспорте ВКМСК ординарам гидрологических постов). Схема расположения искусственных плесов приведена на Рисунке 2.

Таблица 1. Обоснованные габариты искусственных плесов

№ плеса	Километраж	Длина, м	Ширина, м	Средняя глубина разработки в пределах плеса, м	Глубина разработки от ординара, м
1	130,15-130,60 км	450	180	3,78	11,3
2	132,11-133,0 км	890	180	4,44	11,3
3	136,40-137,65 км	1250	180	5,80	11,3

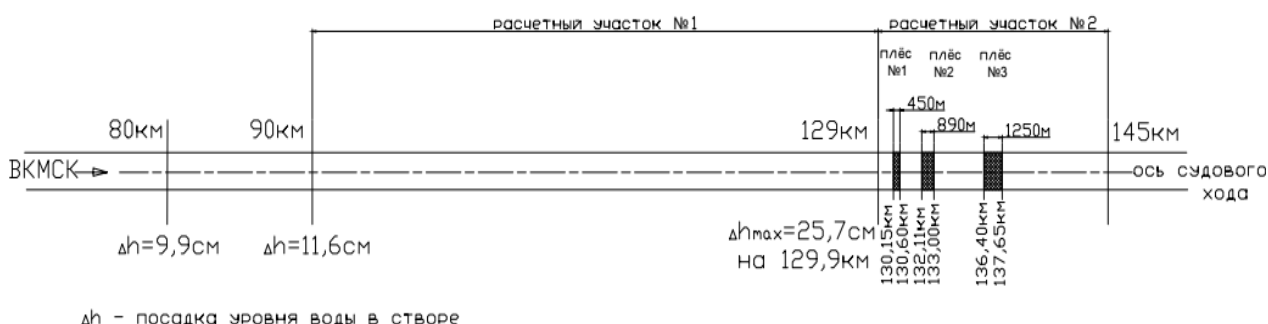


Рисунок 2 – Схема расположения искусственных плесов по длине канала

2. Прогнозируемая максимальная величина посадки уровня воды 25,7 см на 129,9 км. Достижимый уклон водной поверхности на участке 129-145 км составляет 3,5см / км, на участке 90-129 км – 3,4 см/км. Прогнозируемое положение кривой свободной поверхности воды после разработки плесов с учетом посадки уровня воды приведено на Рисунке 3.

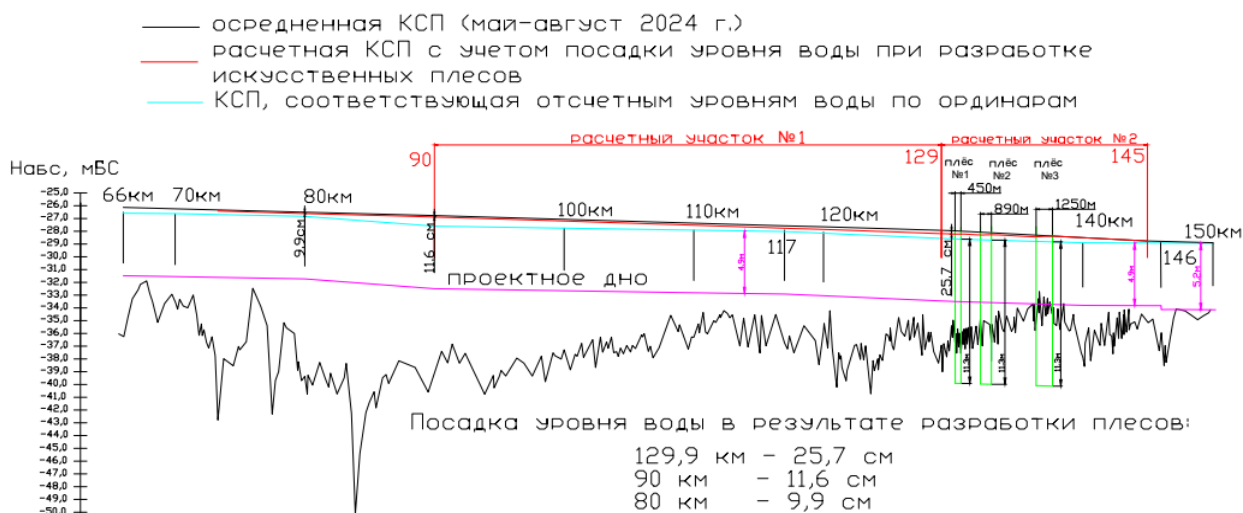


Рисунок 3 – Результаты гидравлических расчетов понижения уровня воды при разработке искусственных плесов

3. Предварительно в районе 80 км (ниже впадения протоки Бакланья) понижение уровня воды в результате разработки искусственных плесов может быть до 10 см, что составляет порядка 1% от средней глубины на этом участке.

4. Анализ изменения скоростного поля потока показал, что разработка искусственных плесов на участке 129-145 км с максимальным уклоном $I=0,00005$ позволит уменьшить среднюю скорость потока на этом участке на 32% (с 1,191 м/с до 0,952 м/с); на участке 90-129 км происходит увеличение средней скорости потока на 3% (с 0,954 м/с до 0,983 м/с). В целом это будет способствовать выравниванию скоростного поля на исследуемом участке и снижению интенсивности заносимости на проблемных участках. Результаты расчета скоростного режима до и после разработки искусственных плесов приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчета изменения скоростей течения до и после разработки искусственных плесов

Скорость, м/с	Расчетный участок №1 (90-129 км)		Расчетный участок №2 (129-145 км)	
	До разработки плесов ($I=0.000029$)	После разработки плесов ($I=0.000034$)	До разработки плесов ($I=0.00005$)	После разработки плесов ($I=0.000035$)
Размывающая v_p	0.978* / 0.603**	0.971* / 0.602**	0.896* / 0.578**	0.933* / 0.588**
Средняя v_{cp}	0,954	0,983	1,191	0,952
Неразмывающая v_{np}	0.752* / 0.464**	0.746* / 0.463**	0.689* / 0.445**	0.718* / 0.453**

Примечание: * - неразмывающая скорость определена по формуле Гончарова (для разнородных грунтов); ** - неразмывающая скорость определена по формуле Кнороза (для мелких и пылеватых грунтов).

5. Укрупненный расчет объемов дноуглубительных работ, необходимых для разработки искусственных плесов, показал, что их суммарная величина составит порядка 2322 тыс. м³. Максимальный объем дноуглубления приходится на плес №3 (1305 тыс. м³) и включает в себя транзитное дноуглубление, которое будет здесь выполняться в плановом порядке для поддержания гарантированных габаритов канала.

6. Рекомендуемая очередность разработки искусственных плесов с учетом минимизации их заносимости – сверху вниз по течению, т.е. сначала плес №1, затем плес №2 и плес №3.

7. Необходимо отметить, что процесс стабилизации русла канала (на обвалованном участке) будет длиться определенное время. До окончания этого процесса необходимо вести мониторинг за состоянием искусственных плесов и при необходимости проводить дополнительные дноуглубительные работы по их поддержанию.

Таким образом, предложенные мероприятия по созданию искусственных плесов позволят выровнять уклоны свободной поверхности воды, определенным образом стабилизировать скоростной режим на исследуемом участке канала и за счет этого снизить интенсивность заносимости на проблемных участках.

Список литературы:

1. Паспорт гидротехнического сооружения Волго-Каспийский морской судоходный канал // Астраханский филиал ФГУП «Росморпорт», 2023. – Астрахань.
2. Отчет о НИР «Оценка причин заносимости Волго-Каспийского морского



судоходного канала в условиях проводимых работ по обеспечению проходной осадки судов 4,5 м и разработка научно-обоснованных предложений по повышению устойчивости канала». I этап: Оценка современного состояния ВКМСК и причин заносимости канала в условиях проводимых работ по поддержанию судоходства, в том числе выполнение гидрологических исследований по материалам предоставленных исходных данных от п. Стрелецкое до 188 км ВКМСК /ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Нижний Новгород, 2025 г.

3. Отчет о НИР «Исследование влияния природных и хозяйственных условий на безопасную эксплуатацию Волго-Каспийского морского судоходного канала»// ОАО «Союзморниипроект», 2013 г.

4. Русанов Н.В., П.И. Бухарицин, А.Г., Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал – современное состояние проблемы и пути решения// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №4–5. С. 863–871.

