

УДК 626.823.4

DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-60-76

Ю. М. Косиченко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

М. Ю. Косиченко, Е. С. Попов

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА В КОВШОВОМ ВОДОЗАБОРЕ НА РЕКЕ КАЗЫМ В ГОРОДЕ БЕЛОЯРСКОМ

Цель: научное обоснование оптимального варианта течения потока для предотвращения попадания из русла р. Казым в ковшовый водозабор наносов, шуги, сора, обеспечение бесперебойной работы водоприемных оголовков в условиях интенсивного цветения акватории и защита молоди рыб от гибели. **Материалы и методы:** для изучения ковшового водозабора разработана гидродинамическая модель транзитного русла по линии наибольших глубин. Методология исследований основана на использовании данных гидрометеорологических изысканий, касающихся изменения глубин, по шести поперечникам. Для определения скорости течения применялись гидравлические методы расчета установившегося равномерного движения. Для исследования распределения глубин в ковшовом водозаборе проведено компьютерное моделирование в программе Femlab с использованием уравнения Лапласа. Граничные условия задавались во входном и выходном сечении ковшового водозабора. Рассматривались плановая двумерная и пространственная трехмерная модели. **Результаты:** построена гидродинамическая модель ковшового водозабора в г. Белоярском, представляющая собой план течений, включающая входное и выходное сечение и четыре промежуточных сечения внутри водозабора. Получены основные гидравлические характеристики (площади живых сечений, средние глубины в каждом сечении, средние скорости). Расход по гидравлическим расчетам во входном сечении 1 – 1 при уровне воды $z_1 = 15,31$ м составил $Q_1 = 6,24$ м³/с, а в выходном сечении 6 – 6 $Q_1 = 6,07$ м³/с (с учетом подачи воды в водозабор $Q_{вз} = 0,17$ м³/с). **Выводы:** в настоящее время средние скорости на вертикали во входном сечении равны 0,105 м/с, а средние скорости в живом сечении 0,057 м/с, что создает благоприятные условия для развития водорослей в летний период. Устройство углубленного транзитного русла позволит увеличить его расход до 10,2 м³/с при повышении средних скоростей на вертикалях в 2,0–2,5 раза.

Ключевые слова: гидродинамическая модель; наносы; шуга; транзитное русло; водоприемник; водозабор; ковш; водозаборный оголовок; отстойник.

Yu. M. Kosichenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

M. Yu. Kosichenko, E. S. Popov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation



HYDRODYNAMIC MODEL OF FLOW IN A BUCKET WATER-INTAKE ON THE KAZYM RIVER IN BELOYARSK TOWN

The objective is the scientific justification of the optimal variant of flow to prevent getting sediment, sludge, litter into bucket water intake, ensuring uninterrupted operation of water intake heads under the conditions of intensive blooming of water area and protecting juvenile fish from death. *Materials and Methods:* to study the bucket water intake, a hydrodynamic model of the transit channel along the line of the inmost depths was developed. The research methodology is based on the use of hydrometeorological research data on changes in depths by six cross-sections. The hydraulic methods of calculating steady uniform flow to determine the flow velocity were used. The computer simulation in the Femlab program using the Laplace equation to study the distribution of depths in the bucket water intake was performed. The boundary conditions in the inlet and outlet sections of the bucket water intake were set. The planned two-dimensional and spatial three-dimensional models were considered. *Results:* a hydrodynamic model of the bucket water intake which is a plan of the currents, including the inlet and outlet sections and four intermediate sections inside the water intake was constructed in Beloyarsk town. The main hydraulic characteristics were obtained (cross sections wet areas, average depths in each section, average velocities). The flow rate for hydraulic calculations in the inlet section 1 – 1 at a water level $z_1 = 15.31$ m was $Q_1 = 6.24$ m³/s, and in the outlet section 6 – 6 $Q_1 = 6.07$ m³/s (taking into account the water supply to the water intake $Q_{B3} = 0.17$ m³/s). *Conclusions:* at present the average vertical velocities in the inlet section are 0.105 m/s, and the average cross sections wet areas velocities are 0.057 m/s, which creates favorable conditions for the development of algae in summer. The arrangement of an in-depth transit channel allows to increase its flow rate to 10.2 m³/s with an increase in average vertical velocities by 2.0–2.5 times.

Key words: hydrodynamic model; sediments; sludge; transit channel; water inlet; water intake; bucket; water intake head; settling reservoir.

Введение. Существующие головные сооружения системы водоснабжения были построены в 2001 г. и предназначены для подачи воды насосной станции первого подъема производительностью 15000 м³/сут при максимально возможной 16706 м³/сут. Целью исследований является научное обоснование оптимального варианта течения потока для предотвращения попадания из русла р. Казым в ковшовый водозабор наносов, шуги, сора, обеспечение бесперебойной работы водоприемных оголовков в условиях интенсивного цветения акватории и защита молоди рыб от гибели в водоприемных оголовках.

Комплекс основных сооружений в настоящее время состоит (рисунок 1):

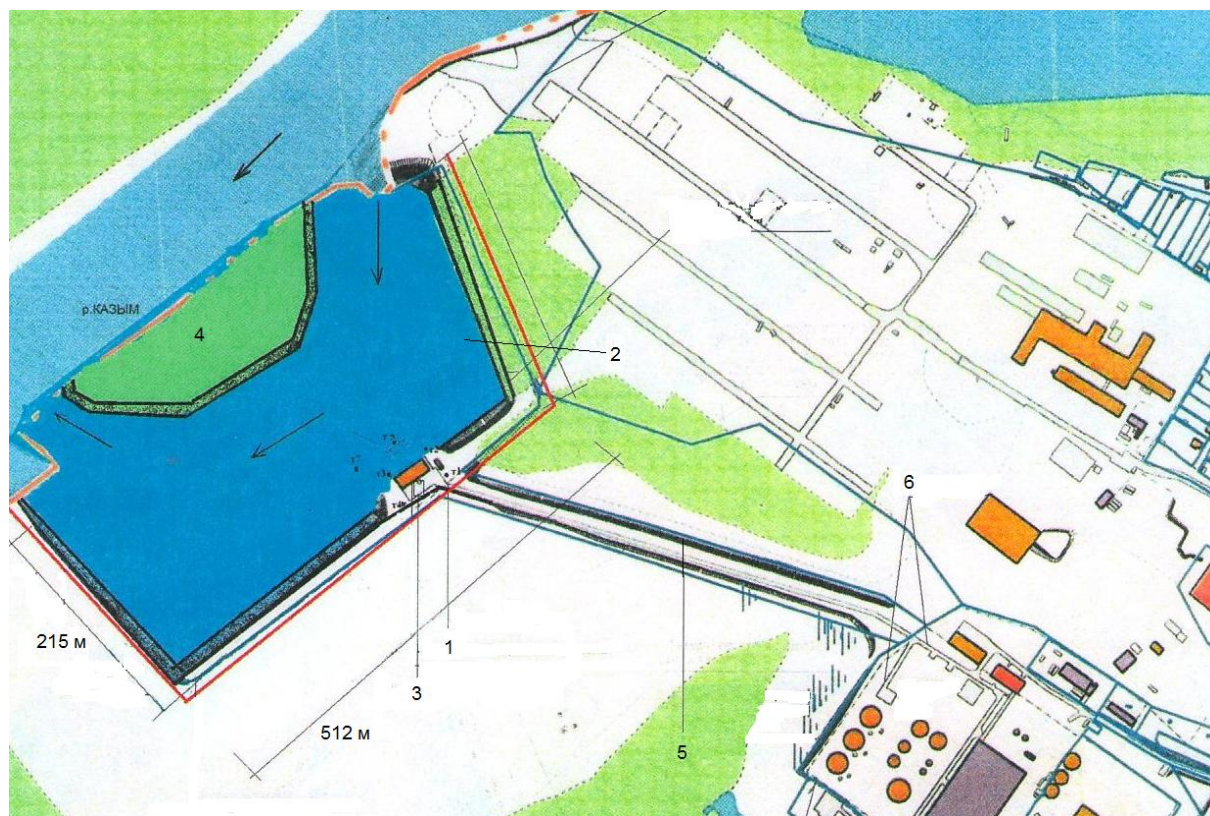
- из ковшового водозабора;

- двух самотечных подводящих стальных водоводов диаметром 530 мм с установленными на них рыбозащитными устройствами РОП-300 и РОП-175 (2 шт.);

- насосной станции первого подъема, оборудованной насосами типа Д315-50, с дизельной электростанцией;

- двух напорных стальных водоводов диаметром 500 мм от насосной станции первого подъема до водопроводной очистной станции (ВОС);

- ВОС.



1 – водоприемный оголовок; 2 – ковшовый водозабор; 3 – насосная станция первого подъема; 4 – остров; 5 – напорные водоводы; 6 – площадка ВОС

Рисунок 1 – Комплекс основных сооружений

Одной из главных причин катастрофического падения рыбных запасов и ухудшения качества питьевой воды является попадание рыб в водозаборные сооружения. Для сохранения, восстановления популяции и уменьшения «грязевой нагрузки» на очистные сооружения необходима реконструкция ковшового водозабора, рыбозащитных устройств и эффективное, недорогое решение проблемы предочистки воды. Целесообразна

замена на водоприемных оголовках рыбозащитных устройств типа РОП оголовками РЗУ, оборудованными решетками Johnson, хорошо зарекомендовавшими себя в условиях загрязнения потока водорослями.

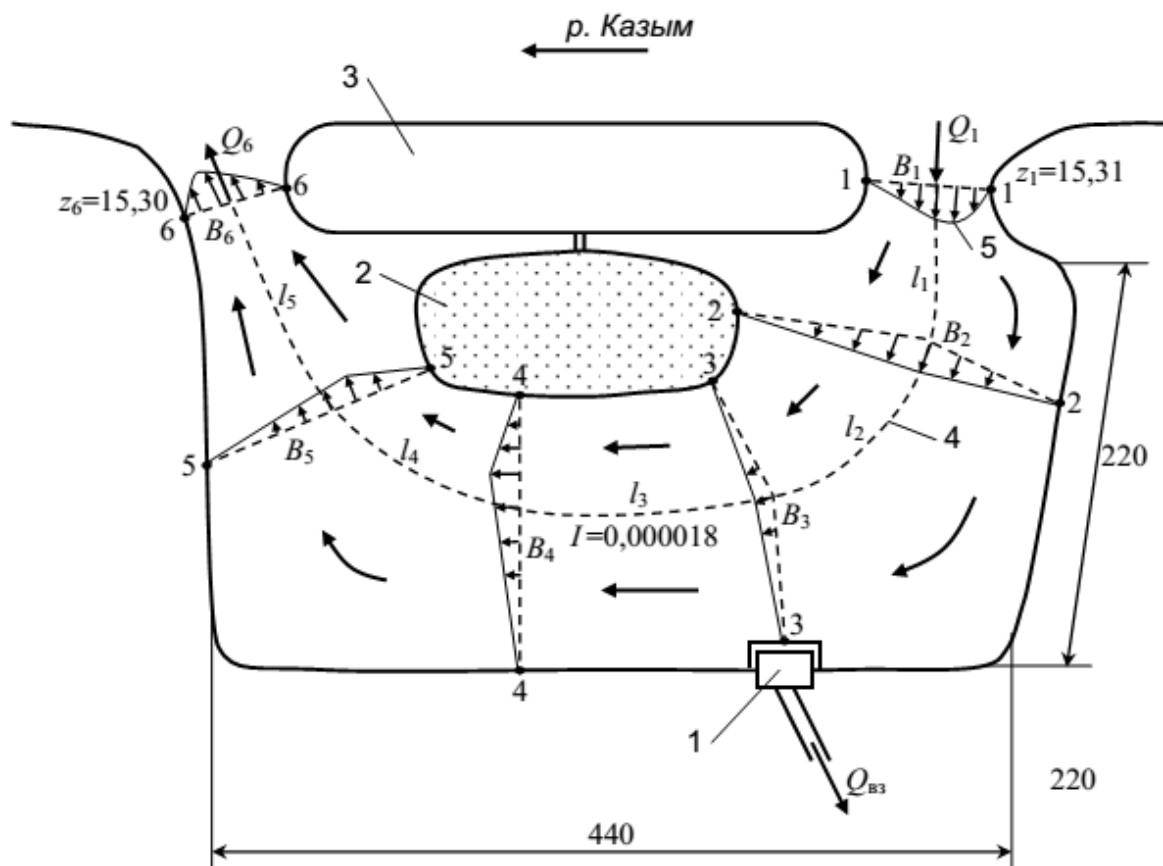
Основной причиной развития водорослей в летний период являются малые скорости течения в акватории ковшового водозабора. Для решения этой проблемы необходимо предусмотреть устройство «транзитного русла» по линии наибольших глубин путем углубления мелководных участков. Устройство отстойника во входном сечении после расчистки защитит водоприемник от поступления к водозбору в основном донных и частично взвешенных наносов.

Материалы и методы. Методология исследований основана на использовании экспериментальных и теоретических методов исследований. Для экспериментальных исследований использованы данные гидрометеорологических изысканий (измерения глубин в водоприемнике). Для теоретических исследований применялись методы компьютерной гидродинамической модели течения потока.

При проведении исследований ковшового водозабора в г. Белоярском учтены публикации в этой области в виде книг, научных статей в журналах, строительных норм и правил [1–9].

Результаты и обсуждение. Гидродинамическая модель ковшового водозабора в г. Белоярском (рисунок 2) представляет собой план течений от входного сечения 1 – 1 до выходного 6 – 6. Всего было принято на модели шесть характерных сечений: два граничных (1 – 1 и 6 – 6) и четыре промежуточных внутри водозабора (2 – 2, 3 – 3, 4 – 4, 5 – 5). Расстояния между сечениями принимались близкими между собой: $l_1 = 112,5$ м, $l_2 = 105$ м, $l_3 = 105$ м, $l_4 = 112,5$ м, $l_5 = 116$ м. Общая длина линии, соединяющей середины выбранных сечений водозабора при уровне воды $z_1 = 15,31$ м (для которого проводилась съемка отметок дна), составила $L_{1-6} = \sum l_i = 551$ м. Ши-

рина по урезу в каждом сечении при уровне воды $z_1 = 15,31$ м. $B_1 = 72,5$ м, $B_2 = 205$ м, $B_3 = 144,5$ м, $B_4 = 145$ м, $B_5 = 135$ м, $B_6 = 62,5$ м.



I – водозабор; 2 – песчаный остров; 3 – остров, образованный береговой линией р. Казым; 4 – линия, соединяющая середины сечений; 5 – эпюры средних скоростей на вертикалях; Q_1 – расход на входе в водоприемник; Q_6 – расход на выходе из водоприемника; $Q_{вз}$ – расход водозабора (проектный)

Рисунок 2 – Схема гидродинамической модели ковшового водозабора (затона) в г. Белоярском (при $z_1 = 15,31$ м)

Водный поток в ковшовом водозаборе, по существу представляющем собой затон с малыми скоростями течения, формируется за счет поступления воды из р. Казым во входное сечение 1 – 1 и свободного выхода потока через выходное сечение 6 – 6 опять в р. Казым. Разность уровней воды в этих сечениях составляет $\Delta z = z_1 - z_2 = 15,31 - 15,30 = 0,01$ м. Гидравлический уклон водного потока в водоприемнике (затоне) равен $I = \Delta z / L_{1-6} = 0,01 / 551 = 0,000018$. Расход, по данным выполненных

гидравлических расчетов, в сечении 1 – 1 при уровне воды $z_1 = 15,31$ м $Q_1 = 6,24$ м³/с, в сечении 6 – 6 $Q_1 = 6,07$ м³/с (с учетом подачи воды в водозабор $Q_{вз} = 0,17$ м³/с).

Расчет основных гидравлических характеристик водозабора (площади живых сечений, средних глубин в каждом сечении, средних скоростей на вертикалях, средних скоростей в живом сечении и расхода потока в сечении) проводился по общеизвестным гидравлическим формулам для условий установившегося равномерного движения с учетом баланса расходов и неразрывности потока:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 + Q_{вз} = Q_4 + Q_{вз} = Q_5 + Q_{вз} = Q_6 + Q_{вз} = \text{const},$$

где Q_1 – расход на входе в водоприемник, м³/с;

Q_2 – расход в промежуточном сечении 2 – 2, м³/с;

Q_3 – расход в промежуточном сечении 3 – 3, м³/с;

$Q_{вз}$ – расход водозабора (проектный), м³/с;

Q_4 – расход в промежуточном сечении 4 – 4, м³/с;

Q_5 – расход в промежуточном сечении 5 – 5, м³/с;

Q_6 – расход на выходе из водоприемника, м³/с.

Расход водозабора в сечении 1 – 1 при минимальном расчетном уровне воды заданной обеспеченности $P = 90$ %, $z_1 = 14,69$ м, что соответствует водозабору II категории надежности [1], существенно снижается до значения $Q_1 = 1,07$ м³/с против $Q_1 = 6,24$ м³/с при $z_1 = 15,31$ м. Средняя глубина в этом сечении при уровне воды $z_1 = 15,31$ м составляет $h_{ср1} = 0,68$ м, а максимальная $h_{макс1} = 1,25$ м; при минимальном уровне воды $z_1 = 14,55$ м средняя глубина будет равна $h_{ср1} = 0,23$ м, максимальная глубина $h_{макс1} = 0,49$ м.

Аналогично изменяются и средние скорости в живом сечении 1 – 1: при $z_1 = 15,31$ м $v_1 = 0,127$ м/с, при $z_1 = 14,55$ м $v_1 = 0,057$ м/с. При этом средние скорости на вертикалях в гидродинамической модели значительно

изменяются по ширине потока: для сечения 1 – 1 при $z_1 = 15,31$ м – от 0,075 до 0,197 м/с; при $z_1 = 14,55$ м – от 0,020 до 0,105 м/с. Средние скорости на вертикалях изменяются не только по ширине сечения, но и по длине русла. Так, при $z_1 = 15,31$ м в сечении 1 – 1 наибольшие скорости составляли 0,197 м/с, в сечении 2 – 2 – 0,0308 м/с, в сечении 3 – 3 – 0,0253 м/с, в сечении 4 – 4 – 0,061 м/с, в сечении 5 – 5 – 0,030 м/с, в сечении 6 – 6 – 0,066 м/с.

Такое неравномерное распределение средних скоростей на вертикалях как по ширине, так и по длине русла объясняется значительным расширением водоприемника в промежуточных сечениях 2 – 2, 3 – 3, 4 – 4, 5 – 5 по отношению к входному 1 – 1 и выходному 6 – 6 сечениям. Кроме того, по ширине и длине водоприемника меняются глубины от мелководных до глубоководных участков (от 0,30 до 5,80 м), что непосредственно отражается и на скоростях течения.

Таким образом, возникает сложная гидродинамическая картина течений в ковшовом водозаборе, которая характеризуется не только поступательным, но и вращательным (водоворотным) и обратным течениями.

Можно сделать вывод, что средние скорости на вертикали 1 – 1 соответственно не превышают 0,105 м/с, а средние скорости в живом сечении не превышают значений 0,057 м/с. Еще меньшими получаются значения скоростей на промежуточных вертикалях в сечениях 2 – 2, 3 – 3, 4 – 4 и 5 – 5, где максимальные скорости не превышают соответственно 0,059; 0,039; 0,177; 0,058 м/с. Такие малые скорости течения в акватории водоприемника создают благоприятные условия для развития водорослей в летний период, особенно на участках с малой интенсивностью водообмена и на мелководных участках с глубиной менее 1,5–2,0 м.

В связи с этим в проекте предусматривается устройство так называемого транзитного русла по линии наибольших глубин в поперечных се-

чениях путем углубления мелководных участков с глубиной более 2,0–3,0 м и шириной русла 35,0 м, что позволит увеличить средние скорости на вертикалях в 2,5–3,0 раза и создать благоприятные условия для водообмена и освежения водных масс как в транзитном русле, так и на прилегающих участках.

При этом особое значение отводится входному сечению 1 – 1, которое является «узким местом» во всей системе обеспечения водой водозабора. Так, при минимальном уровне воды $z_1 = 14,55$ м глубины в сечении 1 – 1 не превышают 0,2–0,5 м при средней глубине $h_{\text{ср}} = 0,23$ м. По этой причине расход во входном сечении Q_1 резко падает с $6,24 \text{ м}^3/\text{с}$ при $z_1 = 15,30$ м до $0,51 \text{ м}^3/\text{с}$ при $z_1 = 14,55$ м, т. е. происходит снижение более чем в 12 раз.

Углубление русла во входном сечении 1 – 1 в среднем на 1,3–1,5 м позволит увеличить его расход до $10,2 \text{ м}^3/\text{с}$, или в 10 раз, при повышении средних скоростей на вертикалях в 2,0–2,5 раза. Такое увеличение расхода во входном сечении приведет к повышению средних скоростей и в других сечениях (2 – 2, 3 – 3 и др.). Отсюда пропуск повышенного расхода по транзитному руслу после расчистки ряда мелководных участков создаст лучшие условия для предупреждения развития водорослей.

Другим важным мероприятием является создание в голове транзитного русла земляного отстойника путем его заглубления до 5,0 м длиной согласно расчету до 32,0 м, что обеспечит задержание донных наносов и части взвешенных наносов фракций более 0,20–0,50 мм.

Для защиты ковшового водозабора от поступления в основном донных и частично взвешенных наносов запроектирован отстойник за входным сечением 1 – 1 на расстоянии 10,0 м от него (рисунок 3). Он представляет собой углубление земляного транзитного русла трапецеидального сечения с глубиной на входе $h_1 = 5,0$ м относительно расчетного уровня во-

ды 90% обеспеченности 14,69 м. При этом принимаем, что после расчистки входного сечения в водоприемник 1 – 1 глубина составляет 2,5 м, ширина отстойника по верху $B_o = 60,0$ м.

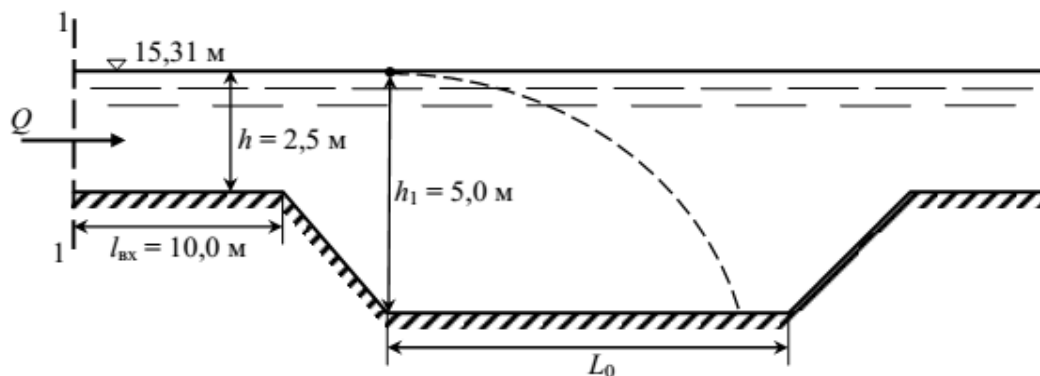


Рисунок 3 – Расчетная схема отстойника

Гидравлический расчет отстойника включает определение его основного параметра – длины отстойника L_o , достаточной для осаждения донных и частично взвешенных наносов, поступающих из р. Казым.

Примем расчетную скорость осаждения наносов в отстойнике (или гидравлическую крупность) равной $u'_o = 1,86$ см/с при диаметре частиц $d = 0,2$ мм [10].

Определим среднюю скорость в отстойнике по формуле [11]:

$$v = \frac{Q}{h_1 \cdot B_o},$$

где Q – расход воды в сечении 1 – 1, м³/с;

h_1 – глубина отстойника, м;

B_o – ширина отстойника по верху, м.

Подставляя расход воды, поступающей через сечение 1 – 1 после его расчистки земснарядом и заглубления, равный $Q = 24,4$ м³/с, получим:

$$v = \frac{24,4}{5,0 \cdot 60,0} = 0,081 \text{ м/с}.$$

Тогда длина осаждения расчетных фракций наносов с диаметром более 0,2 мм по формуле [11] составит:

$$L = \frac{h_1 \cdot v}{u_o} = \frac{5,0 \cdot 0,081}{0,0186} = 21,86 \text{ м},$$

где h_1 – глубина отстойника, м;

v – средняя скорость в отстойнике, м/с;

u_o – скорость осаждения наносов в отстойнике, м/с.

С учетом коэффициента запаса расчетная длина отстойника будет равна:

$$L_o = k \cdot L = 1,2 \cdot 21,86 = 26,2 \text{ м},$$

где k – коэффициент запаса, $k = 1,2$;

L – длина осаждения, м.

С учетом наклонных участков дна отстойника на входе длиной по 3,0 м окончательно общая длина отстойника составит:

$$L_{\text{общ}} = L_o + 2 \cdot L_n = 26,2 + 2 \cdot 3,0 \approx 32,0 \text{ м},$$

где L_o – длина отстойника, м;

L_n – наклонные участки дна отстойника на входе, м.

Общая длина расчистки транзитного русла составляет $L_{p-r} = 277,5$ м, а объем расчистки земснарядом $V_{p-r} = 35 \cdot 1,5 \cdot 277,5 = 14568 \text{ м}^3$. На рисунке 4 представлен план расположения транзитного русла и участков расчистки водоприемника.

Намеченное на основе гидравлического моделирования и расчетов положение оси транзитного русла является наиболее целесообразным и экономически выгодным. Русло представляет собой углубленный участок водозабора, состоящий из входной части, отстойника, расчищаемых и нерасчищаемых участков водозаборного ковша и выхода в русло р. Казым.

Объем расчистки грунта непосредственно на участке водозабора $V_{p-r_{\text{вз}}} = 210 \text{ м}^3$. В водоприемный ковш от насосной станции выведены две всасывающие трубы диаметром 530×7 мм. Отметка дна на подходе к водоприемным оголовкам 10,000 м БСВ-77 увязана с отметками дна на оси

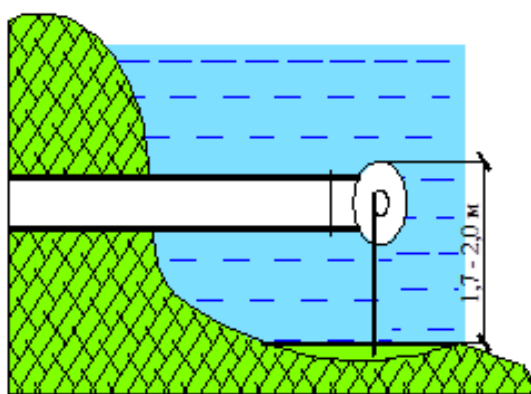
транзитного русла, проектируемого в существующем водозаборном ковше. Отметка верхней кромки водоприемного оголовка составляет 13,050 м БСВ-77, заглубление от нижней кромки льда – 0,45 м, что превышает минимальное допустимое значение (0,2 м) [1].



1 – транзитное русло водозабора; 2 – отстойник; 3 – участки расчистки транзитного русла; 4 – участок расчистки в месте водозабора

Рисунок 4 – План расположения транзитного русла и участков расчистки ковшового водозабора

Водоприемный оголовок с решетками Johnson (рисунок 5) [12] спроектирован так, чтобы его влияние на окружающую среду было как можно меньше, а также чтобы его воздействие на проплывающих рыб всех видов и на всех стадиях развития не было больше натуральных препятствий, имеющих в реке.



а



б

а – разрез; *б* – вид решетки Johnson

Рисунок 5 – Водоприемный оголовок с решетками Johnson

Данная решетчатая технология позволяет рыбам обходить ее и не увеличивать смертность через захват рыб внутри решетки. Так как решетки долговечны, это обеспечивает надежную рыбозащиту и эта система является идеальным решением для водозаборов в местах, в которых защита рыб является ключевым фактором.

Кроме того, было проведено компьютерное моделирование распределения глубин в ковшовом водозаборе. Для построения компьютерной модели использовались съемки глубин в водозаборе при гидрометеорологических изысканиях. На момент съемки уровень воды был принят равным 15,30 м.

Компьютерное моделирование распределения глубин в водозаборе осуществлялось методом конечных элементов в программном продукте Femlab.

Режим моделирования задавался для уравнения Лапласа на плоскости:

$$\Delta h = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0,$$

где Δ – оператор «лапласиан»;

h – глубина водного потока;

x – абсцисса;

y – ордината.

Граничные условия задавались соответствующими Дирихле:

- во входном сечении потока 1 – 1 $h = h_{1-1}(x, y)$;
- в выходном сечении потока 11 – 11 $h = h_{11-11}(x, y)$.

Геометрия расчетной области водоприемника включала 337 опорных точек дна, 12 поперечных профилей и продольный средний профиль. Сетка конечных элементов включала более 9500 конечных элементов, представляющих треугольники на плоскости (рисунок 6). Трехмерная модель распределения глубин потока в водоприемнике показана на рисунке 7.

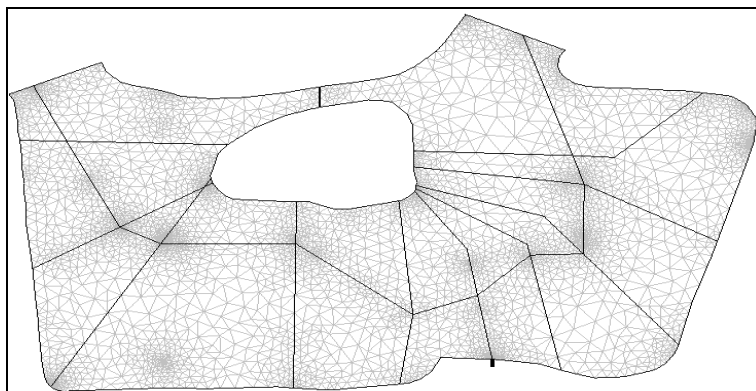


Рисунок 6 – Сетка конечных элементов в компьютерной модели распределения глубин воды

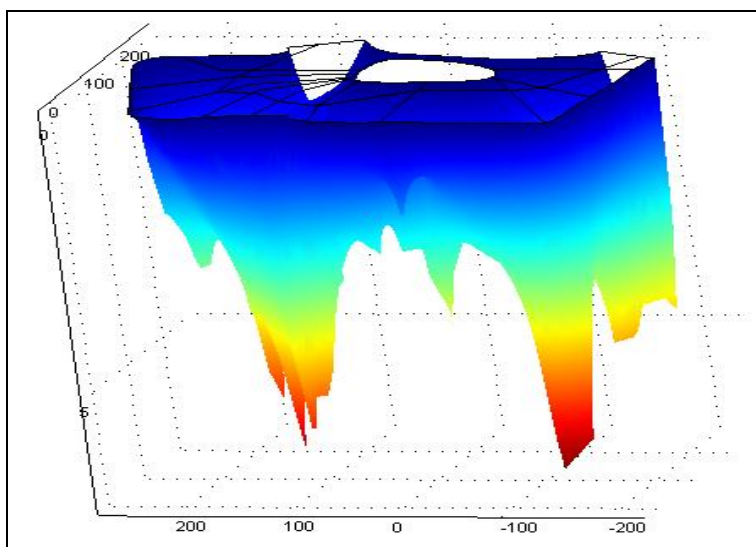


Рисунок 7 – Трехмерная глубина потока в расчетной области компьютерной модели распределения глубин воды

Как видно из трехмерной модели распределения глубин потока, глубины в границах ковшового водозабора распределены крайне неравномер-

но, когда мелководные участки чередуются с глубоководными, что отражается на современной ситуации интенсивного развития водорослей и отложения наносов.

Выводы

1 Водозаборное сооружение в г. Белоярском было запроектировано и построено в 2001 г. и сейчас нуждается в реконструкции. Это связано с тем, что ковш водозабора заносится наносами, загрязняется плавающим сором и водоприемные оголовки забиваются шугой и водорослями. Поэтому водозабор не справляется с пропуском расчетных расходов.

2 В настоящее время средние скорости на вертикали во входном сечении не превышают 0,105 м/с, а средние скорости в живом сечении не превышают значений 0,057 м/с. Еще меньшими получаются значения скоростей на промежуточных вертикалях промежуточных сечений, где максимальные скорости не превышают 0,059 м/с. Такие малые скорости течения в акватории водозабора создают благоприятные условия для развития водорослей в летний период, особенно на участках с малой интенсивностью водообмена и на мелководных участках с глубиной менее 1,5–2,0 м.

3 Предлагается устройство транзитного русла по линии наибольших глубин в поперечных сечениях путем углубления мелководных участков с глубиной более 2,0–3,0 м и шириной русла 35,0 м, что позволит увеличить средние скорости на вертикалях в 2,5–3,0 раза и создать благоприятные условия для водообмена и освежения водных масс как в транзитном русле, так и на прилегающих участках. Углубление русла во входном сечении в среднем на 1,3–1,5 м позволит увеличить его расход до 10,2 м³/с, или в 10 раз, при повышении средних скоростей на вертикалях в 2,0–2,5 раза. Такое увеличение расхода во входном сечении приведет к повышению средних скоростей и в других сечениях. Для защиты ковшового водозабора от поступления в основном донных и частично взвешенных наносов запроектирован отстойник за входным сечением на расстоянии 10,0 м. Он представляет собой углубление земляного транзитного русла трапецеидального

сечения с глубиной на входе $h_1 = 5,0$ м относительно расчетного уровня воды 90% обеспеченности 14,69 м.

4 Разработана компьютерная модель распределения глубин в водоприемнике, которая свидетельствует о крайне неравномерном чередовании мелководных и глубоководных участков, что влияет на образование водорослей в летний период и отложение наносов в ковше.

Список использованных источников

- 1 Курганов, А. М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: учеб. пособие / А. М. Курганов; СПбГАСУ. – М.; СПб.: Изд-во АСВ, 1998. – 246 с.
- 2 Водозаборные сооружения из поверхностных источников / А. С. Образовский, Н. В. Ереснов, Е. А. Казанский, В. Н. Ереснов. – М.: Стройиздат, 1976. – 365 с.
- 3 Образовский, А. С. Гидравлика водоприемных ковшей / А. С. Образовский. – М.: Стройиздат, 1963. – 104 с.
- 4 Улучшение забора воды на водозаборных сооружениях / Е. В. Орлов, Е. С. Иванов, Л. А. Квитка, М. Н. Юнчина, Ф. А. Мельников, А. Е. Серов // Естественные и технические науки. – 2015. – № 2. – С. 148–149.
- 5 Улучшение забора воды. Строительство водоприемных ковшей на реках / Е. В. Орлов, Ф. А. Мельников, А. Е. Серов, М. Н. Юнчина // Техника и технологии мира. – 2014. – № 9. – С. 41–45.
- 6 Орлов, Е. В. Районы Крайнего Севера. Особенности забора воды из поверхностных источников / Е. В. Орлов // Технологии мира. – 2013. – № 8. – С. 39–42.
- 7 К вопросу о необходимости усовершенствования водозаборных сооружений / Е. В. Орлов, Л. А. Квитка, Е. С. Иванов, Ф. А. Мельников, М. Н. Юнчина, А. Е. Серов // Естественные и технические науки. – 2015. – № 2. – С. 152–153.
- 8 Улучшение забора воды с помощью водоприемных ковшей на водных объектах / Е. В. Орлов, В. В. Тайбарей, А. В. Саймуллов, А. М. Аушев // Системные технологии. – 2018. – № 1(26). – С. 125–127.
- 9 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.20-84* (с изменениями № 1, 2, 3): утв. Минрегионом России 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М., 2012. – 123 с.
- 10 Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев [и др.]; под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
- 11 Чугаев, Р. Р. Гидротехнические сооружения. Водосливные плотины / Р. Р. Чугаев. – М.: Высш. шк., 1978. – 352 с.
- 12 Шалаев, В. В. Водозаборный щелевой оголовок-фильтр с низким гидродинамическим сопротивлением для водопроводных станций большой производительности / В. В. Шалаев // Вода и экология: проблемы и решения. – 2013. – № 2–3. – С. 13–33.

References

- 1 Kurganov A.M., 1998. *Vodozabornye sooruzheniya sistem kommunal'nogo vodosnabzheniya: ucheb. posobie* [Water Intake Structures of Public Water Supply Systems: textbook]. SPbGASU, Moscow, St. Petersburg, ASV Publ., 246 p. (In Russian).
- 2 Obrazovsky A.S., Eresnov N.V., Kazansky E.A., Eresnov V.N., 1976. *Vodozabornye sooruzheniya iz poverkhnostnykh istochnikov* [Water Intake Facilities from Surface Sources]. Moscow, Stroyizdat Publ., 365 p. (In Russian).

3 Obrazovskiy A.S., 1963. *Gidravlika vodopriemnykh kovshey* [Hydraulics of Water Intake Buckets]. Moscow, Stroyizdat Publ., 104 p. (In Russian).

4 Orlov E.V., Ivanov E.S., Kvitka L.A., Yunchina M.N., Mel'nikov F.A., Serov A.E., 2015. *Uluchshenie zabora vody na vodozabornykh sooruzheniyakh* [Improving water intake at water intake facilities]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], no. 2, pp. 148-149. (In Russian).

5 Orlov E.V., Mel'nikov F.A., Serov A.E., Yunchina M.N., 2014. *Uluchshenie zabora vody. Stroitel'stvo vodopriemnykh kovshey na rekakh* [Improvement of Water Intake. Construction of Water Intake Buckets on Rivers]. *Tekhnika i tekhnologii mira* [Equipment and Technologies of the World], no. 9, pp. 41-45. (In Russian).

6 Orlov E.V., 2013. *Rayony Kraynego Severa. Osobennosti zabora vody iz poverkhnostnykh istochnikov* [Districts of the Far North. Features of water intake from surface sources]. *Tekhnologii mira* [Technologies of the World], no. 8, pp. 39-42. (In Russian)

7 Orlov E.V., Kvitka L.A., Ivanov E.S., Mel'nikov F.A., Yunchina M.N., Serov A.E., 2015. *K voprosu o neobkhodimosti usovershenstvovaniya vodozabornykh sooruzheniy* [To the issue of the need to improve water intake facilities]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], no. 2, pp. 152-153. (In Russian).

8 Orlov E.V., Taibarey V.V., Saimullov A.V., Aushev A.M., 2018. *Uluchshenie zabora vody s pomoshch'yu vodopriemnykh kovshey na vodnykh ob'ektakh* [Improvement of water intake by water intake buckets at water bodies]. *Sistemnye tekhnologii* [System Technologies], no. 1(26), pp. 125-127. (In Russian).

9 SP 31.13330.2012. *Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya* [Water Supply. External Networks and Structures]. Moscow, 2012, 123 p. (In Russian).

10 Kiselev P.G. [et al.], 1972. *Spravochnik po gidravlicheskim raschetam* [Handbook of Hydraulic Calculations]. Moscow, Energy Publ., 312 p. (In Russian).

11 Chugaev R.R., 1978. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Vodoslivnye plotiny* [Hydraulic structures. Spillway Dam]. Moscow, Higher School Publ., 352 p. (In Russian).

12 Shalaev V.V., 2013. *Vodozabornyy shchelevoy ogolovok-fil'tr s nizkim gidrodinamicheskim soprotivleniem dlya vodoprovodnykh stantsiy bol'shoy proizvoditel'nosti* [Water intake slotted filter head with low hydrodynamic resistance for high-capacity waterworks]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and Ecology: Problems and Solutions], no. 2-3, pp. 13-33. (In Russian).

Косиченко Юрий Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: главный научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: kosichenko-11@mail.ru

Kosichenko Yuriy Mikhailovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: Chief Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: kosichenko-11@mail.ru

Косиченко Михаил Юрьевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: доцент

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»

Адрес организации: ул. Просвещения, 132, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: kosmi74@yandex.ru

Kosichenko Mikhail Yurievich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Associate Professor

Affiliation: Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Affiliation address: st. Prosvescheniya, 132, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: kosmi74@yandex.ru

Попов Евгений Сергеевич

Должность: студент

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»

Адрес организации: ул. Просвещения, 132, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: povove@mail.ru

Popov Evgenii Sergeevich

Position: Student

Affiliation: Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Affiliation address: st. Prosvescheniya, 132, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: povove@mail.ru