

УДК 621.22

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЗАБОРА ИЗ р. ДНЕПРА ДЛЯ ЗАВОДА ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ В ШКЛОВЕ

Кандидаты техн. наук, доценты КРУГЛОВ Г. Г., КУНЦЕВИЧ Н. М., ЛИНКЕВИЧ Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Для удовлетворения потребностей полиграфической отрасли Республики Беларусь в газетной бумаге предполагается строительство завода в Шклове Могилевской области. Обеспечение технологической схемы выполнения работ по ее выпуску требует суточной потребности в воде объемом 30000 м³. Забор такого количества воды возможен из поверхностного источника (р. Днепр) с помощью ковшового водозабора. Однако отсутствие надежных рекомендаций по проектированию таких сооружений требует каждый раз проведения лабораторных гидравлических исследований с учетом специфики местных условий.

Потребность в физическом моделировании вызвана необходимостью детального изучения особенностей гидродинамического взаимодействия водоприемного канала-ковша с русловым потоком и разработки конструкции водозабора, обеспечивающего надежную защиту от шуги и наносов.

Исследования проводились на пространственной модели участка р. Днепр, прилегающей территории с водозаборным ковшом, выполненной на русловой площадке лаборатории гидротехнических сооружений БНТУ при различных уровнях и расходах воды в реке.

Ковшовый водозабор технической воды для завода газетной бумаги, разработанный Белкоммунпроектом в виде открытого берегового отвода, располагается в г. Шклове на слегка вогнутом правом берегу Днепра на 1560,1 км от устья, примерно в 60 м выше впадения в него р. Серебрянки. Угол отвода водозабора принят 135°.

Основные задачи исследований сводились к оценке компоновки и параметров канала-ковша

и разработке рекомендаций по защите ковша от попадания в него донных наносов, шуги, мусора и молоди рыбы, а также берегоукрепления в районе водозабора и спрямления р. Серебрянки.

Отметка дна канала-ковша принята 141,2 м из условия обеспечения необходимых глубин в нем при минимальном уровне воды в реке, за который принят уровень, соответствующий расходу летней межени 95%-й обеспеченности, равный 143,85 м. Ширина канала по дну принята 10 м, заложение откосов – 1:2. Общая длина канала-ковша – 65 м. Водоприемник располагается у правого откоса канала, а на левом откосе перед водоприемником устраивается шпунтовая стенка с отметкой гребня 148,0 м.

Верховая струенаправляющая дамба имеет отметку гребня 148,0 м, ширину гребня – 6 м и заложение откосов – 1:2. Производительность водозабора – 30000 м³/сут. План, продольный и поперечный разрезы водозаборного канала-ковша приведены на рис. 1.

В основу гидравлических исследований водозаборного канала-ковша положен метод физического моделирования [1...5], цель которого – воспроизведение в уменьшенном масштабе изучаемых явлений и обеспечение подобия натурных и модельных явлений, в основу которого положен критерий Фруда.

Для воспроизведения картины работы водозабора замоделированы участок р. Днепра и водозаборный канал-ковш с плановыми размерами 260×205 м. Глубина воды в реке изменяется в пределах 2,65...10,5 м, а расходы, проходящие по реке, – от 32 до 1580 м³/с. Размеры моделируемого участка р. Днепра и водозаборного канала-ковша, минимальные и максимальные глубины воды и расходы обусловили

изготовление опытной установки на русловой площадке в масштабе 1:62. Участок русла и поймы р. Днепра, русла р. Серебрянки и проектируемый водозабор выполнены из песка, покрытого цементно-песчаным раствором толщиной 2 см. Профили русла и поймы р. Днепра формировались по поперечникам, набранным согласно имеющимся планам участка, включая р. Днепр, в масштабах 1:500 и 1:10000. Конструкция модели водозаборного канала-ковша и верховой струенаправляющей дамбы выполнена в соответствии с представленными разработками Белкоммунпроекта. На модели краской нанесена координатная сетка, соответствующая координатной сетке, приведенной на плане р. Днепра.

Подача воды на опытную установку в русло р. Днепра осуществлялась из водомерного бака по трапециевидальному каналу, выполненному из досок, покрытых полиэтиленовой пленкой для обеспечения его водонепроницаемости. В конце трапециевидального канала, перед моделью русла р. Днепра, размещался успокоительный бассейн прямоугольной формы в плане с направляющими для плавного входа потока в русло реки.

В водомерном баке с двумя треугольными мерными водосливами измерение уровней воды производилось шпигтенмасштабами, а регулирование расходов, поступающих в водомерный бак, — двумя задвижками. Для гашения энергии потока, падающего с треугольного мерного водослива, на входе в подводящий трапециевидальный канал установлены стенки с таким расчетом, чтобы не происходило подтопления падающей струи. Аналогичным образом осуществлялось гашение энергии струи, поступающей из канала в успокоительный бассейн, из которого вода плавно и равномерно поступала на модель р. Днепра.

В русло р. Серебрянки вода подавалась по трубе, подсоединенной к стационарной системе автономного водоснабжения русловой площадки. Регулирование подаваемых расходов осуществлялось с помощью задвижки, установленной на подводящем трубопроводе.

Отвод воды из водозаборного канала-ковша осуществлялся по трубке, торец которой закрывался резиновой пробкой с отверстием. В него вставлялась резиновая трубка с зажимом,

регулирующим расход водозабора. Измерение расходов, подаваемых в р. Серебрянку и отводимых из водозаборного канала-ковша, осуществлялось объемным способом с помощью мерных емкостей и секундомера. Для измерения глубины воды в русле р. Днепра и в канале-ковше установлены мерные иглы. Точность измерения отметки уровней воды посредством мерных игл — 0,1 мм. Скорость течения потока измерялась с помощью тарированной микровертушки конструкции ЦНИИКИВР (г. Минск), которая устанавливалась на подставку, перемещающуюся по бортам опытной установки.

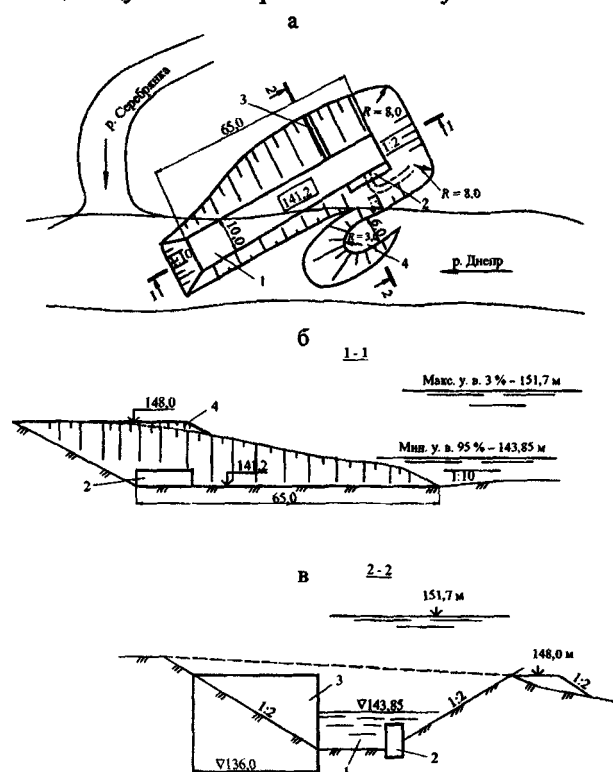


Рис. 1. Схема водозаборного ковша: а — план; б — продольный разрез 1-1; в — поперечный разрез 2-2; 1 — канал-ковш; 2 — водоприемник; 3 — шпунтовая стена; 4 — струенаправляющая дамба

Для фиксации траектории поверхностных течений в русле реки и в канале-ковше использовались древесные опилки, стружки, краска и шарики из пенопласта. Движение влекомых наносов, перекатывающихся по дну, моделировалось древесными стружками и шариками из аглопорита с утяжеляющей обмазкой. Такими же аглопоритовыми шариками с соответствующей утяжеляющей обмазкой, которые перемещались внутри водного потока в погру-

женном состоянии, не касаясь дна, моделировалось движение шуги.

При проведении исследований были выполнены три серии опытов.

В первой серии исследовались режимы работы водозаборного канала-ковша при уровнях и расходах воды в р. Днепре, соответствующих летне-осенней межени 95%-й обеспеченности $32 \text{ м}^3/\text{с}$, 75%-й обеспеченности $35 \text{ м}^3/\text{с}$ и 50%-й обеспеченности $42,7 \text{ м}^3/\text{с}$.

Во второй серии опытов исследовалась работа водозабора при шугообразующих среднегодовых расходах воды в р. Днепре обеспеченностью соответственно: 95 % – $87 \text{ м}^3/\text{с}$; 75 % – $121 \text{ м}^3/\text{с}$; 20 % – $200 \text{ м}^3/\text{с}$ и 10 % – $415 \text{ м}^3/\text{с}$.

Третья серия опытов соответствовала пропуску летне-осеннего паводкового расхода 5%-й обеспеченности – $600 \text{ м}^3/\text{с}$ и паводкового расхода 10%-й обеспеченности – $1580 \text{ м}^3/\text{с}$.

Все опыты проводились по общепринятой методике. Мерными водосливами устанавливался необходимый расход, подаваемый в русло р. Днепра, а объемным способом – расходы воды в р. Серебрянке и водозабора. По мерной игле фиксировался уровень воды, соответствующий заданному расходу. В расчетных створах р. Днепра и водозаборном канале-ковше с помощью микровертушки измерялись поверхностные и донные скорости течения. В поток поочередно запускались древесные опилки и стружка, краска, пенопластовые и аглопоритовые утяжеленные шарики, с помощью которых фиксировались и зарисовывались траектории поверхностных и донных течений.

Для каждого из перечисленных выше расходов воды в реке проводились два опыта: при отсутствии в канале-ковше шпунтовой стенки и при ее наличии. Модель шпунтовой стенки, выполненная из фанеры, устанавливалась в канале-ковше и закреплялась с помощью пластилина. При этом каждый раз подбором определялось оптимальное местоположение.

В первой серии опытов, когда уровни и расходы воды в реке (32 ; 35 и $42,7 \text{ м}^3/\text{с}$) отличались друг от друга незначительно, кинематика русловых потоков и потоков в пределах водозаборного канала-ковша была идентичной для всех исследованных расходов.

На рис. 2 приведены планы течений в русле реки и водозаборном канале-ковше при нали-

чии и отсутствии шпунтовой стенки для расхода $Q = 35 \text{ м}^3/\text{с}$. Так как водозаборный ковш-канал незначительно выдвинут в русло реки, а забираемый насосной станцией из реки расход воды $0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ не превышает 1 % руслового расхода даже при минимальной межени 95%-й обеспеченности, он практически не влияет на русловую поток. Поверхностные и донные течения в канале-ковше имеют одинаковую кинематику и незначительные скорости.

При установке в ковше шпунтовой стенки (рис. 2а) в нем образуются два слабо выраженных водоворотных течения противоположной направленности. Первый водоворот, контактирующий непосредственно с транзитным русловым потоком, образуется на входной части канала-ковша перед шпунтовой стенкой, за ней возникает второй водоворот с противоположным направлением вращения. Наличие второго водоворота практически исключает поступление к водозаборным отверстиям насосной станции транзитной струи, содержащей шугу и влечомые наносы.

Помимо проектного местоположения шпунтовой стенки (на расстоянии 21 м от подошвы торцевого откоса ковша) были проведены опыты с ее установкой на расстояниях до 7,5 м влево и вправо от него (из условий топографии). Смещение шпунтовой стенки в одну и другую стороны не оказывало существенного влияния на характер течений в ковше.

При отсутствии в канале-ковше шпунтовой стенки (рис. 2б) характер течения изменялся. В ковше образовывался водоворот, имеющий форму эллипса с большей осью, совпадающей с продольной осью ковша.

Струенаправляющая дамба перед входом в ковш отклоняет поток от ковша в сторону русла реки, и донные наносы практически полностью проходят с транзитным потоком по руслу реки, не попадая в ковш. В русле реки выше дамбы образуется локальный (в пределах откоса дамбы) водоворотный валец. Малые скорости течения воды в канале-ковше изменяют условия транспортирования взвешенных наносов, превращая ковш в своеобразный отстойник. Отложение взвешенных наносов происходит в первую очередь в центре водоворота с некоторым постепенным расширением зоны оседания наносов. Отмечены одиночные случаи выноса

отложившихся наносов из ковша водоворотным течением, что подтверждает способность ковша-канала самопромываться, однако возможность заиливания его взвешенными наносами исключить полностью нельзя.

Исследование режимов работы водозабора в условиях образования в реке шуги (вторая серия опытов) проводилось в диапазоне расходов от 87...121 м³/с (средние многолетние расходы шугообразования) до 415 м³/с, при котором еще не происходит затопления струенаправляющей

дамбы и подпора р. Серебрянки. При всех этих расходах отсутствует боковая приточность в канал-ковш за счет перелива воды через струенаправляющую дамбу и не происходит затопления гребня шпунтовой стенки.

Кинематика течений в русле реки и в ковше (при наличии и отсутствии шпунтовой стенки) при среднемноголетних шугоходных расходах 87 и 121 м³/с принципиально не отличается от соответствующих планов течений при меженных расходах.

Струенаправляющая дамба отклоняет поток от ковша в сторону русла реки, донные наносы и шуга в основном транзитом проходят по руслу реки.

При наличии в канале-ковше шпунтовой стенки в нем образуется два водоворотных течения с противоположным направлением вращения несколько большей интенсивности, а при отсутствии шпунтовой стенки – один водоворот, интенсивность которого также несколько выше, чем со стенкой. Отмечены захват и вынос донных наносов водоворотными течениями в русло реки.

Установка шпунтовой стенки в различных положениях (проектном и до 7,5 м влево и вправо) не выявила каких-либо изменений в характере течений в канале-ковше. Однако при расходе 121 м³/с и проектном местоположении стенки вынос донных наносов происходит несколько интенсивнее.

Скорости водоворотных течений в ковше малые, что будет способствовать более раннему образованию в нем ледяного покрова. В свою очередь установление ледяного покрова в канале-ковше значительно снижает теплоотдачу в атмосферу, поэтому поступающая из реки в ковш переохлажденная вода нагревается до 0...+1 °С за счет теплоты, выделяющейся в процессе внутриводной кристаллизации. Шуга, занесенная в ковш

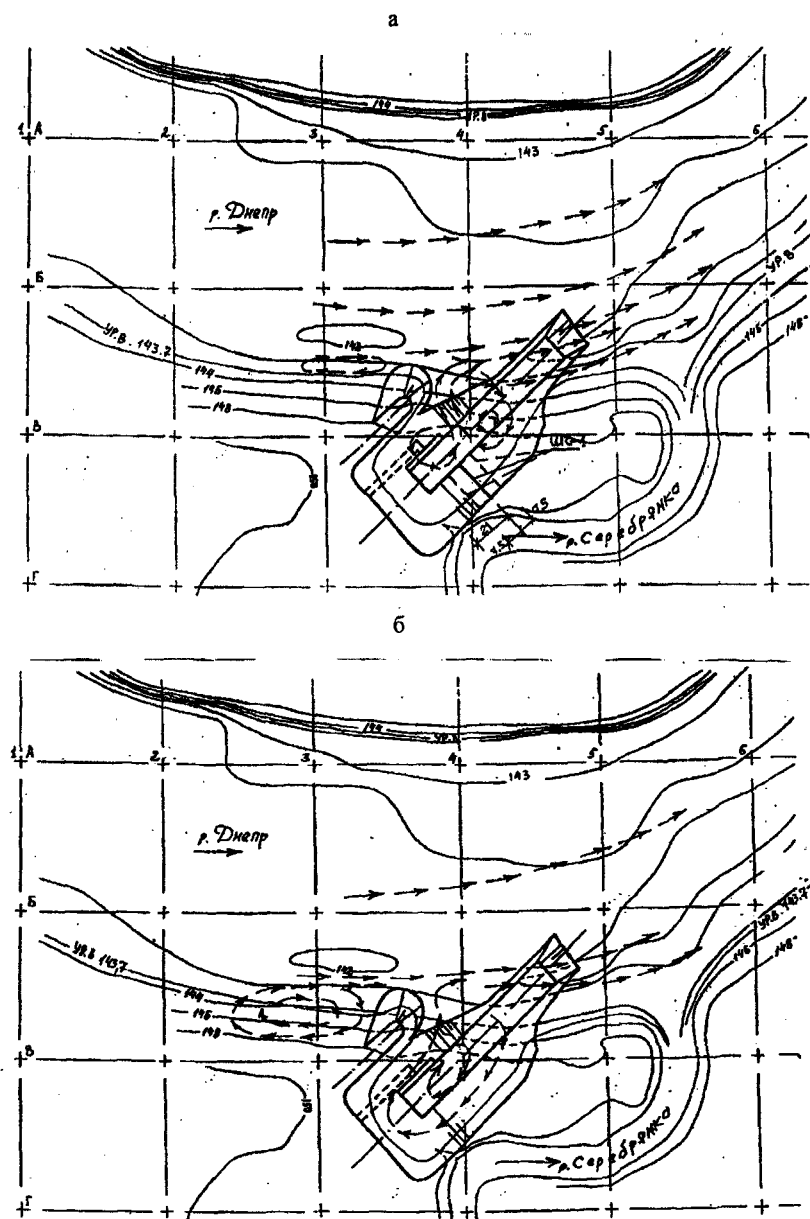


Рис. 2. Планы течений в русле реки и канале-ковше при расходе $Q = 35 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 143,7 м: а – со шпунтовой стенкой ШС-1; б – без шпунтовой стенки

из реки, будет всплывать и смерзаться с поверхностным льдом. При этом отбор воды из реки не должен сопровождаться захватом поверхностных масс шуги. Длина всплытия от дна к поверхности воды кристаллов шуги составляет 10...30 м. Так как полная длина канала-ковша – 65 м, он имеет достаточную длину для всплывающей в ковше глубинной шуги.

При увеличении расходов воды в реке до 200 и 415 м³/с кинематика течений не меняется. Захват водоворотным течением донных наносов и вынос их в русло реки происходят при наличии шпунтовой стенки на всем протяжении канала-ковша от русла реки до стенки. При

отсутствии шпунтовой стенки донные наносы выносятся из ковша на участке от русла реки до его середины.

Для выяснения эффективности работы водозаборного канала-ковша во время паводков и половодий, когда создается наибольшая вероятность поступления донных наносов в ковш, проведены исследования кинематики обтекания потоком ковша и струенаправляющей дамбы при расходе воды в реке $Q = 600 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 149,1 м, а также при паводке 10%-й обеспеченности $Q = 1580 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 152,3 м (третья серия опытов).

В обоих случаях происходит выход потока из русла р. Днепра, затопление струенаправляющей дамбы и подпор уровня воды в р. Серебрянке. План течений в русле рек Днепра и Серебрянки и водозаборном канале-ковше при расходе $Q = 600 \text{ м}^3/\text{с}$ и наличии шпунтовой стенки с отметкой гребня 148,0 м приведен на рис. 3а, а при расходе $Q = 1580 \text{ м}^3/\text{с}$ и наличии шпунтовой стенки с отметкой гребня 152,3 м – на рис. 3б.

Наличие в канале-ковше затопленной шпунтовой стенки существенно изменяет структуру течений в нем. По глубине канала происходит расслоение течений. От поверхности потока до гребня шпунтовой стенки образуется единый поверхностный водоворот. При расходе $Q = 600 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 3а) поток отражается от правого высокого берега р. Серебрянки, подпирает уровень воды в ней, образуя обратное течение, которое обходит бугор на левом берегу р. Серебрянки (отметка 149,5 м) и поступает в канал-ковш. Этот водоворот контактирует с транзитным потоком в р. Днепре вдоль затопленной струенаправляющей дамбы.

По глубине потока от дна канала-ковша до гребня шпунтовой стенки перед и за ней образуются ограниченные в плане, изолированные водоворотные течения в одном направлении. При такой двухслойной структуре течений взвеси и наносы,

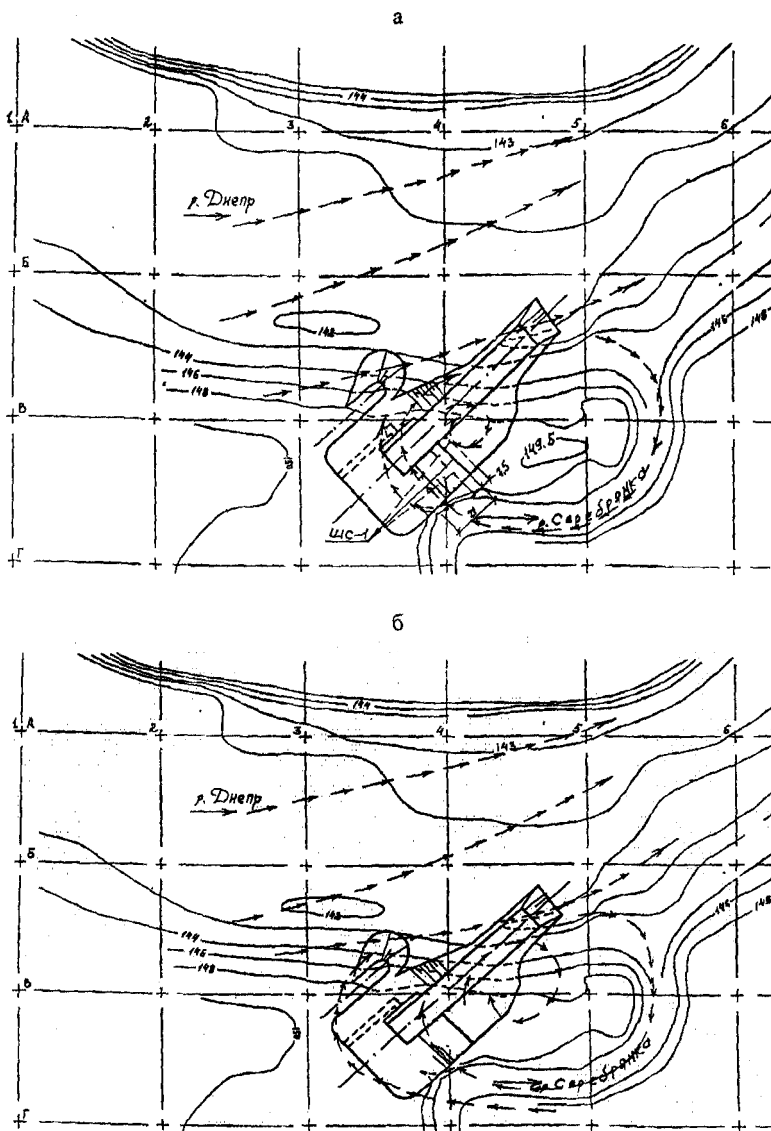


Рис. 3. Планы течений в Днепре и Серебрянке и канале-ковше со шпунтовой стенкой: а – при расходе $Q = 600 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 149,1 м; б – при расходе $Q = 1580 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 152,3 м

находящиеся в нижнем слое, практически не поступают к водозаборному оголовку насосной станции. Что касается взвеси и плавающих на поверхности тел (лед, мусор), то они поверхностным течением выносятся в русло р. Днепра. Отложившиеся на дне канала-ковша наносы на всей его длине от входа до шпунтовой стенки захватываются потоком и выносятся в русло реки.

Аналогичная схема течений наблюдается и при расходе воды $Q = 1580 \text{ м}^3/\text{с}$ и отметке уровня воды 152,3 м (рис. 36), только в этом случае вся территория между каналом-ковшом и р. Серебрянкой затоплена.

Учитывая размеры и видовой состав рыб, которые могут попадать в проектируемый водозабор, целесообразно использование рыбозащитного устройства фильтрационного типа [6...8]. Анализ работы существующих в республике водозаборов показывает, что наиболее успешно в таких условиях работают кассетные фильтрационные рыбозаградители с порозластовым фильтром. Для восстановления их пропускной способности необходимо предусматривать промывку и очистку фильтров не реже одного раза в месяц.

ВЫВОДЫ

1. Запроектированные Белкоммунпроектом параметры ковшового водозабора (ширина по дну канала-ковша – 10 м, заложение его откосов – 1:2, отметка дна канала – 141,2 м) не требуют корректировки.

2. В канале-ковше рекомендуется устройство шпунтовой стенки с отметкой гребня 148,0 м. Принятое в проекте местоположение шпунтовой стенки на расстоянии 21 м от подошвы торцевого откоса канала-ковша не требует изменения. Установка шпунтовой стенки коренным образом изменяет структуру течений в канале-ковше с образованием двух водоворотных течений противоположных направлений, что исключает поступление к водозаборным отверстиям насосной станции транзитной струи, содержащей шугу и влекомые наносы.

3. Возможно смещение местоположения шпунтовой стенки относительно ее проектного положения влево или вправо на расстояние 2...3 м, что не оказывает существенного влия-

ния на характер течений в канале-ковше. Устройство струенаправляющей дамбы вызывает отклонение речного потока, а вместе с ним шуги и донных наносов от входного сечения канала-ковша. Откоосу дамбы желательно придать повышенную шероховатость устройством его крепления крупным камнем.

4. В связи с тем, что голова канала-ковша практически полностью заглублена в правый берег р. Днепра, а его взаимодействие с русловым потоком не вызывает деформаций русла, строительство водозабора не создает каких-либо осложнений для судоходства.

5. Малые скорости течения воды в канале-ковше будут неизбежно вызывать осаждение взвешенных наносов, что потребует его периодических промывок (очистки). В то же время малые скорости в канале-ковше способствуют раннему образованию в нем ледяного покрова, поэтому предполагается, что шуга, занесенная в канал-ковш из реки, будет всплывать и смерзаться с поверхностным льдом. Это улучшит работу входных отверстий водозабора.

6. При прохождении в р. Днепре паводковых расходов более $600 \text{ м}^3/\text{с}$ отложившиеся на дне канала-ковша наносы от его входного сечения до шпунтовой стенки захватываются потоком и выносятся в русло реки, что подтверждает способность водозабора самопромываться.

7. Расходы воды в р. Серебрянке незначительны по сравнению с расходами в р. Днепре и не оказывают практически никакого влияния на характер течений в ней и водозаборном канале-ковше. В связи с этим возможны любые варианты спрямления русла р. Серебрянки.

8. Не требует корректировки принятый в проекте тип крепления каменной наброской дна и откосов канала-ковша, откосов струенаправляющей дамбы и берега р. Днепра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
2. Ляхтер В. М., Прудовский А. М. Гидравлическое моделирование. – М.: Энергоиздат, 1984. – 39 с.
3. Шарп Д. Ж. Гидравлическое моделирование. – М.: Мир, 1984. – 279 с.
4. Агроскин И. И., Дмитриев Г. Т., Пикалов Ф. И. Гидравлика. – М.; Л.: Энергия, 1964. – 352 с.

5. Гиляров Н. П. Моделирование речных потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 200 с.

6. Жуковская Т. Н., Астапович И. Т. Качественная и количественная оценка зоопланктона р. Днепра // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: Науч. тр. БелрыбНИИпроект. – Мн., 1995. – Вып. 13. – С. 172–176.

7. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод: Справ. пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

8. Рекомендации по проектированию самопромыывающихся ковшей у затопленных водоприемников. – М.: Стройиздат, 1984. – 246 с.

УДК 622.271

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ РАЗРУШЕНИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЗРЫВАМИ ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ

Докт. техн. наук, проф. ОНИКА С. Г.

Белорусский национальный технический университет

При реконструкции промышленных предприятий возникает необходимость в оперативном демонтаже оборудования и разрушении установленных под ним фундаментов и других бетонных и железобетонных конструкций с целью последующего возведения более современного оборудования. Работы, как правило, проводятся в действующих цехах в непосредственной близости к охраняемым объектам.

Наиболее эффективным методом разрушения устаревших строительных конструкций является взрывной метод. В этом случае разрушаемый объем обуривается системой шпуров, заряжаемых взрывчатым веществом, и производится взрывание зарядов или их групп с замедлением.

Данный метод взрывных работ широко применяется при выполнении специальных взрывных работ. В частности, в Украине его использовали при ликвидации бетонных и железобетонных элементов шахтных пусковых установок в г. Первомайске, при реконструкции аглофабрики Ново-Криворожского горно-обогатительного комбината и в других условиях.

Практический интерес представляет экспериментальная оценка сейсмической опасности взрывных работ вблизи разнообразных объектов. Сразу отметим, что расчетные формулы по определению сейсмобезопасных расстояний, приведенные в «Единых правилах безопасности

при взрывных работах», для рассматриваемых условий применить нельзя, так как типы охраняемых объектов при взрывах в действующих цехах выходят далеко за перечень сооружений, сейсмобезопасность которых может быть оценена по единым правилам. Например, при дроблении взрывом бетонных фундаментов трубоэлектросварочного цеха № 4 Выксунского металлургического завода охране от сейсмического действия подлежало электронное оборудование, приближенное кое-где к месту взрыва на расстояние до 7 м. Ответственным охраняемым объектом являлся ламповый генератор установки высокочастотной сварки, расположенной в 20 м от источника колебаний.

Согласно технической характеристике для электронного оборудования допустимая величина ускорения вибрации составляет 0,5g (g – ускорение силы тяжести), что в диапазоне промышленных частот 13...26 Гц соответствует скорости смещения грунта 3...6 см/с. Для лампового генератора, для которого противопоказаны вибрации и удары, в соответствии с техническим заданием института Укргипромет допустимая скорость смещения грунта в месте его установки не должна превышать 0,4 см/с.

Для обеспечения сейсмической безопасности таких объектов требуется проведение специальных исследований, составной частью которых является экспериментальная оценка