

**СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА**

doi: 10.51639/2713-0576\_2023\_3\_1\_13

УДК 624.137.5

ГРНТИ 67.11.31

**Опыт применения усовершенствованной конструкции сборно-монолитной «стены в грунте» при возведении заглубленных сооружений промышленных объектов**<sup>1</sup> Рыбникова И. А., <sup>2\*</sup> Рыбников А. М., <sup>1</sup> Цаллагов С. Ч.<sup>1</sup> НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75<sup>2</sup> ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 353918, Россия, Новороссийск, пр. Ленина 93email: [rybnikova-i-a@nb-bstu.ru](mailto:rybnikova-i-a@nb-bstu.ru), \* [a.ribnikov@novoroskhp.ru](mailto:a.ribnikov@novoroskhp.ru), [s.tsallagov@novoroskhp.ru](mailto:s.tsallagov@novoroskhp.ru)

Описана эффективная и простая по конструкции «стена в грунте» в виде двухслойной панели, состоящей из сборной железобетонной панели с выпусками арматуры и монолитной части, бетонируемой непосредственно в траншее. Двухслойная панель позволяет в одной конструкции объединить преимущества сборного и монолитного бетона. Приведены примеры использования такой конструкции при строительстве канализационной насосной станции промышленных стоков Павлодарского тракторного завода и тоннелей склада шихты Павлодарского алюминиево-глинозёмного завода. Описаны детали и параметры применённых конструкции сборно-монолитных «стен в грунте», которые показали их технологическую и экономическую эффективность.

*Ключевые слова:* траншея, глинистая суспензия, заглубленное сооружение, стена в грунте, стеновые панели, монолитный бетон, экономический эффект.

**Введение**

В соответствии с нормативными документами [1–3] конструкция «стена в грунте» – это подземная часть заглубленного сооружения, возводимая в виде стены из буровых свай или в траншее под тиксотропным глинистым раствором с последующим заполнением траншеи монолитным железобетоном или сборными вертикально сопрягаемыми между собой элементами (стеновыми панелями). Наиболее распространён способ изготовления подземных сооружений способом «стена в грунте» из буровых свай – из-за несложной и отработанной технологии их возведения [4, 5]. Разработаны и применены конструкции траншейной монолитной «стены в грунте» с пересекающимися захватками-шлицами [6], а также со стальными несущими рамными элементами [7]. Логично предположить возможность использования совмещённой конструкции сборно-монолитной «стены в грунте».

**Методология**

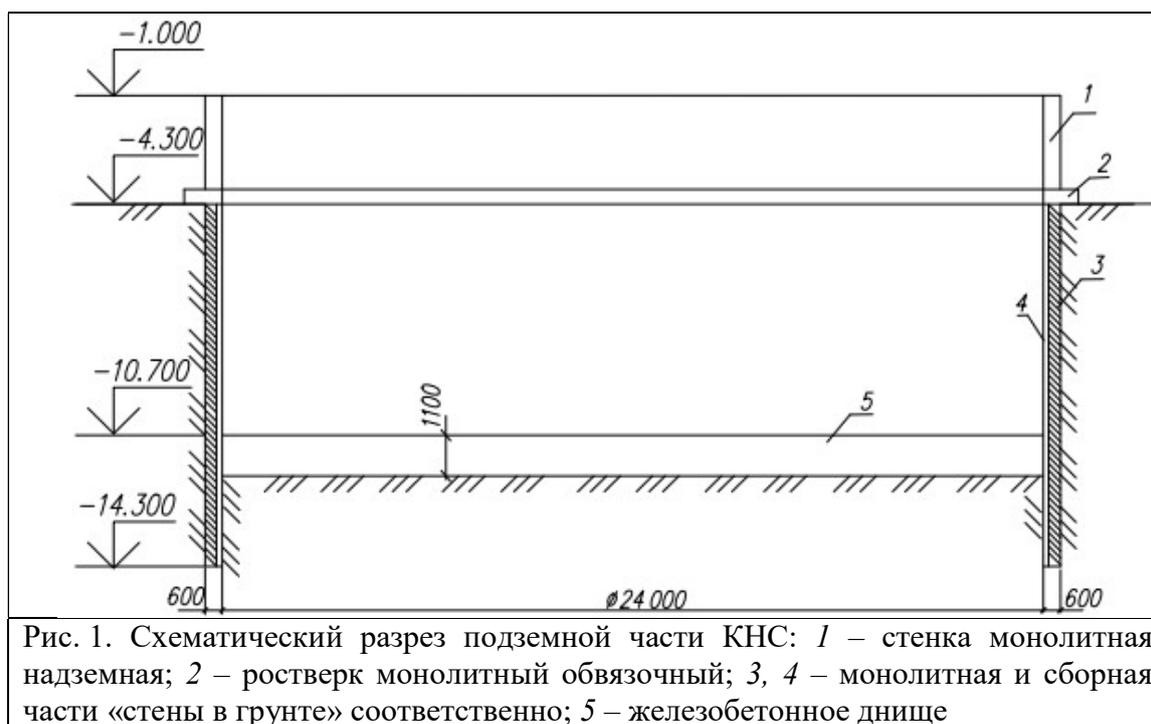
Заглубленные сооружения, возведённые с использованием способа «стена в грунте», наряду с достоинствами, обладают также и некоторыми недостатками, основные из которых: для монолитных – низкое качество поверхностей конструкции стен из-за неровностей стенок траншей; для сборных – большая масса элементов, заводское изготовление и связанная с этим их высокая стоимость, включая транспортирование. Применение сборно-монолитных

конструкций стен позволяет сочетать высокое качество сборного железобетона с экономичностью монолитного бетона, шире использовать технические возможности заводов железобетонных изделий и строительно-монтажных организаций.

В ряде случаев наиболее эффективны, просты по конструкции и технологии устройства заглубленные сооружения, возведенные с применением способа «стена в грунте» в виде двухслойной панели, одну часть которой составляет сборный элемент с выпусками арматуры, а вторую – монолитная конструкция, бетонируемая непосредственно в траншее под защитой глинистой суспензии. Выпуски арматуры из панели, заводимые в монолитную часть «стен», обеспечивают совместную работу сборной и монолитной частей сооружения. Технология возведения таких «стен в грунте» отличается от технологии сборных или монолитных стен, так как связана с обеспечением надёжного контакта между сборными и монолитными частями. Следует отметить, что сборно-монолитные «стены в грунте», являясь комбинированными конструкциями, требуют специальных приспособлений, а также мероприятий для защиты выпусков арматуры при транспортировке, монтаже и бетонировании. Для использования в практике строительства такой конструкции были проведены предварительные исследования на крупномасштабных моделях, показавшие хорошие результаты

## Методология

Результаты исследований были использованы при проектировании и строительстве сборно-монолитной «стены в грунте» в стеснённых условиях канализационной насосной станции (КНС) промышленных стоков Павлодарского тракторного завода. Подземная часть КНС представляет собой круглое в плане сооружение с внутренним диаметром 24 м и отметкой верха днища  $-10,7$  м (рис. 1). Здесь использовались сборные железобетонные панели размером  $10 \times 1,2 \times 0,24$  м с поперечными и продольными рабочими выпусками арматуры (рис. 2). Панели были изготовлены в слегка модернизированной опалубке для изготовления промышленных керамзитобетонных стеновых панелей типа ПНС-12.



Строительство КНС велось в котловане с глубины – 4,3 м, что позволило вместо 14-метровых панелей применять панели длиной 10 м. Для отрывания траншеи использовался напорный штанговый грейфер с шириной ковша 0,6 м, величиной раскрытия челюстей 2,5 м, копающий на глубину до 20 м. Форшахта для предохранения кромок траншеи от обрушения устраивалась по всему её контуру из дорожных железобетонных плит. Устойчивость стенок траншеи обеспечивалась глинистой суспензией плотностью 1,15...1,16 г/см<sup>3</sup>, приготовленной из местных глин по составу, подобранному заранее опытным путём. Перед монтажом панелей дно траншеи очищалось от шлама и по нему устраивалась постель из бетона методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Это дало прочную опору для нижней части панелей.

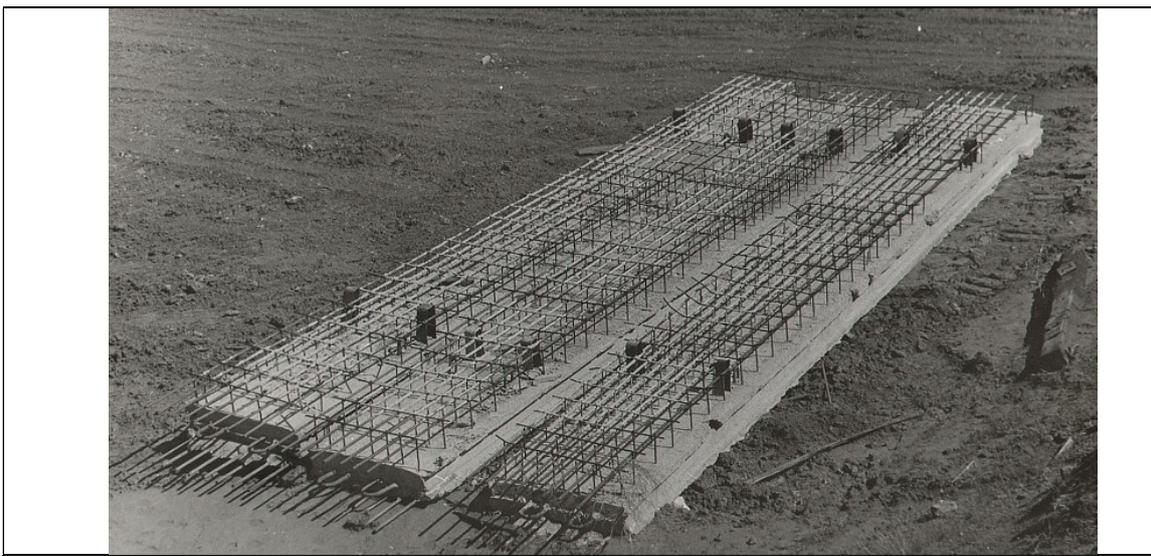


Рис. 2. Готовые стеновые панели с выпусками арматуры для монтажа в траншею

Сборные железобетонные панели монтировались гусеничным краном (рис. 3). Панели в траншее подвешивались на форшахте с помощью коротких стальных двутавровых балочек и монтажных уголков, объединённых в плоскую раму. Нижняя часть панелей заглублялась в слой глины, чтобы подземные воды не поступали внутрь сооружения при устройстве днища. Для монтажа панелей использовались вертикальные инвентарные направляющие из двутавров, закрепляемые в замках панелей, что дало возможность плотно состыковать панели друг к другу в траншее (поз. 5 на рис. 4).

Захватки для бетонирования монолитной части разделялись в траншее стальными трубами. Монолитная часть стены бетонировалась методом ВПТ с помощью бетонолитной трубы и загрузочного бункера. На нижнем конце трубы крепился вибратор, что позволило использовать бетонную смесь с осадкой конуса 8...12 см. По окончании монтажа панелей и бетонирования монолитного слоя все панели по периметру были опоясаны монолитным железобетонным поясом – для обеспечения жёсткости всего сооружения. Поэтому при разработке грунтового ядра не потребовалось устройства системы распорок

Верхний ярус грунтового ядра разрабатывался экскаватором с отметки пионерного котлована с погрузкой грунта в самосвалы. Средний и нижний ярусы – экскаватором, опущенным внутрь насосной станции. Грунт грузился в бункера-ёмкости, которые поднимались на поверхность краном. Разработка ядра и последующая заделка стыков панелей велись без водопонижения, так как врезка низа насосной станции в водоупор и монолитная бетонная рубашка по наружному контуру цилиндрической стены обеспечили надёжную защиту от подземных вод. Обнажающиеся вертикальные швы (штрабы) между панелями по мере разработки грунтового ядра очищались и заделывались торкрет-бетоном. Остаточный объём воды из грунтового ядра откачивался насосом из устраиваемых зумпфов.



Рис. 3. Опускание сборных панелей с арматурными выпусками в траншею

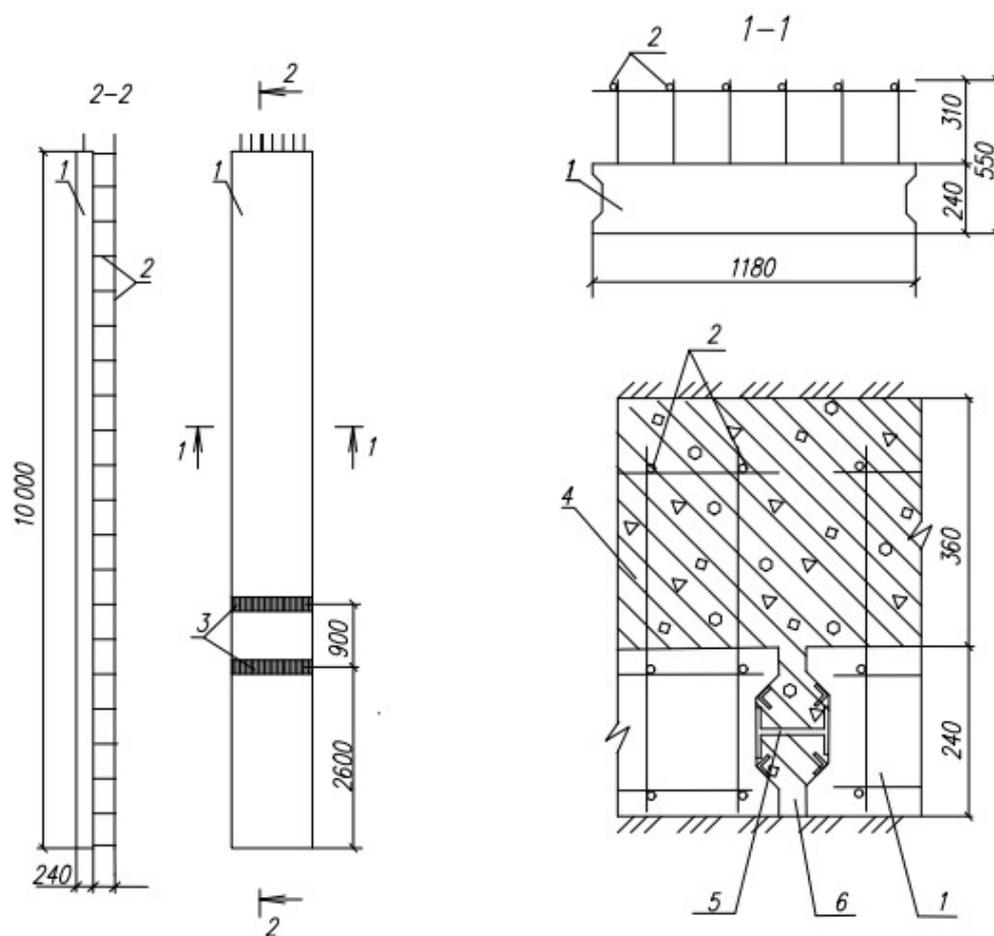


Рис. 4. Схема стеновой панели и приспособление для её монтажа в траншее: 1 – панель стеновая; 2 – выпуски арматурного каркаса из панели; 3 – деталь закладная стальная для крепления днища; 4 – монолитная часть «стены в грунте»; 5 – двутавр направляющий инвентарный для монтажа панелей; 6 – штраба между панелями вертикальная, заделываемая торкрет-бетонированием

Монолитное днище толщиной 1,1 м бетонировалось на водонепроницаемом основании и крепилось к стеновым панелям посредством стальных закладных деталей в них (поз. 3 на рис. 4). По окончании устройства «стены в грунте» плиты форшахты демонтировались. Далее стены в котловане до надземной части здания были выполнены из монолитного бетона. Применение сборно-монолитной «стены в грунте» при строительстве заглубленной части насосной станции позволило сэкономить 65 т цемента и 26 т арматуры. Возведенная КНС до настоящего времени эксплуатируется нормально, что говорит о надёжности данного способа устройства «стены в грунте».

В качестве другого примера строительства сооружений способом сборно-монолитная «стена в грунте» можно привести строительство тоннелей на Павлодарском алюминиево-глинозёмном заводе. Здесь при реконструкции склада шихты необходимо было в сжатые сроки возвести наклонный и горизонтальный тоннели, примыкавшие к перегрузочному узлу № 8 (ПУ-8). Подземная часть непосредственно самого ПУ-8 к этому времени была выполнена на глубину 14 м. По первоначальному проекту тоннели предполагалось монтировать из борных железобетонных конструкций в отрываемых котлованах до отметки низа днища – 11 м. Однако для этого необходимо было изготовить специальную опалубку для бетонирования индивидуальных конструкций тоннелей, что заняло бы много времени и привело бы к большому расходу металла на опалубку. К тому же, залегание грунтовых вод на глубине 5 м осложнило бы работы. Площадка строительства сложена напластованиями песка, супеси, суглинка.

Учитывая изложенное, был принят вариант строительства тоннелей с применением сборно-монолитной «стены в грунте» в виде двухслойной конструкции. Одна часть конструкции (с внутренней стороны тоннелей) представляет собой сборную железобетонную панель с выпусками из неё арматуры, а вторая – монолитная, бетонированная на площадке в траншее после установки в неё панелей. Длина горизонтального тоннеля 13,2 м, сечением в свету 9×4,9 м, отметка верха днища – 8,9 м (рис. 5). «Стену в грунте» выполняли в два этапа.

На первом этапе с внутренней стороны тоннеля в отрытую траншею монтировали железобетонные панели высотой 7 м, шириной 1,2 м, толщиной 0,24 м, покрытые металлоизоляцией из листа толщиной 6 мм. Затем с наружной стороны траншеи укладывался слой бетона толщиной 0,36 м, армированный арматурными стержнями, выходящими из панелей. Панели изготавливали из бетона класса В15 в обычной опалубке, предназначенной для выпуска промышленных стеновых панелей. Стенки тоннеля устраивали с отметки существующего пионерного котлована под ПУ-8 в траншеях шириной 0,6 м под глинистой суспензией.

Траншеи отрывали экскаватором, оборудованным штанговым напорным грейфером с максимальной величиной раскрытия челюстей 2,5 м. Стеновые панели опускали в траншею и сочленяли друг с другом посредством направляющего двутавра-кондуктора (поз. 5 на рис. 4). В проектное положение панели вывешивали на металлических балочках, опирающихся на плиты форшахты (дорожные плиты). Форшахта была предназначена для предохранения кромок траншеи от обрушения. После монтажа панели кондуктор вынимали, а шпонку в стыках панелей бетонировали на всю высоту.

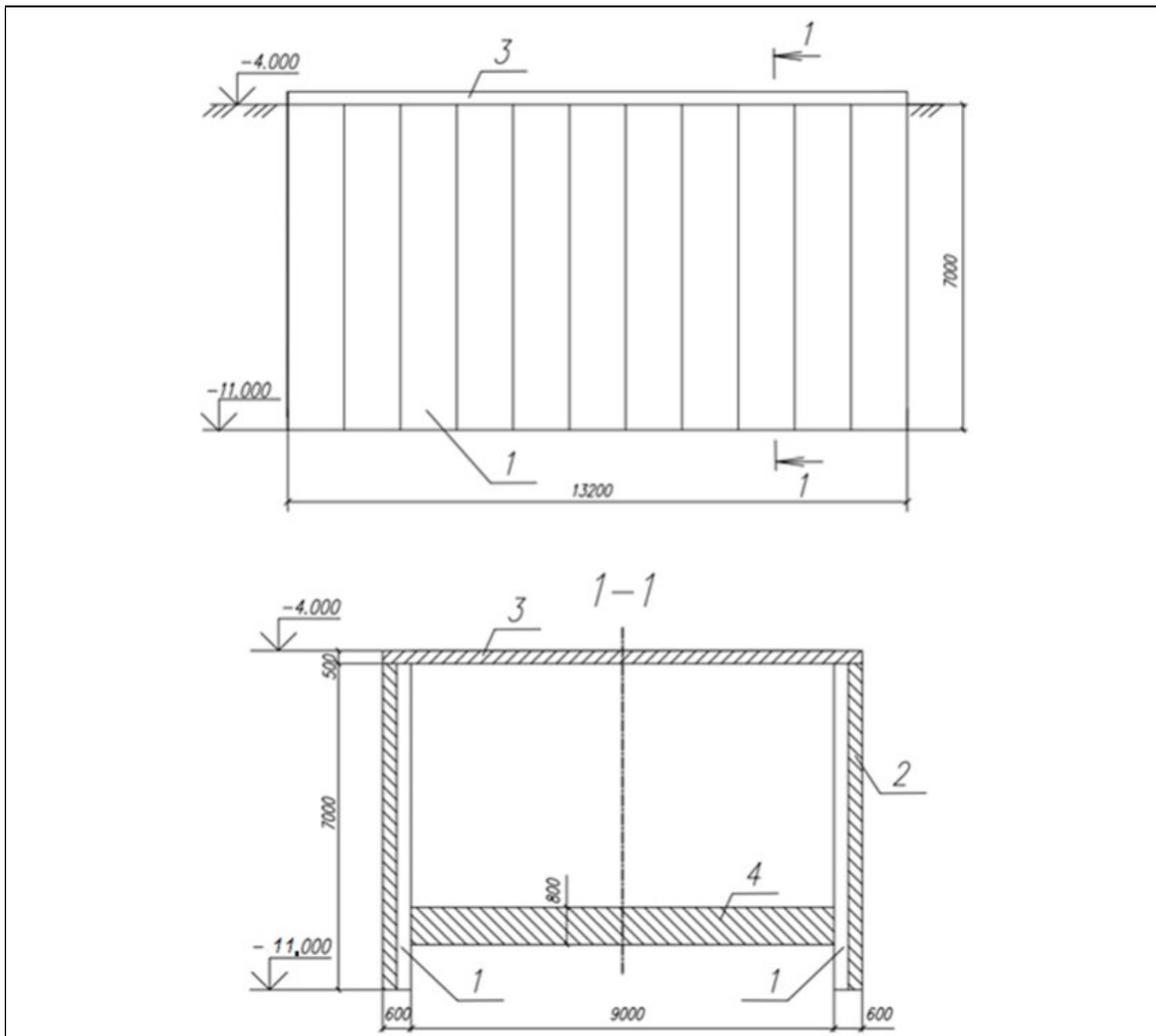


Рис. 5. Монтажная схема стеновых панелей в горизонтальном тоннеле: 1 – стеновая панель с арматурными выпусками; 2 – монолитная часть «стены в грунте»; 3 – перекрытие тоннеля; 4 – днище тоннеля

По окончании монтажа всех панелей монолитную часть стенки бетонировали с помощью бетонолитной трубы. Перед разработкой грунтового ядра в тоннеле панели поверху объединили ростверком и раскрепили распорками. По мере разработки ядра швы между панелями заваривали полосовой сталью. На последнем этапе бетонировали днище, устанавливали конвейерную систему и устраивали перекрытие.

Аналогично был возведён наклонный тоннель длиной 20,4 м, сечением в свету 7,8×4 м, с углом наклона 20° (рис. 6). Панели высотой 6...8 м монтировали по длине тоннеля уступами. Примыкающая надземная часть наклонного тоннеля была выполнена ранее, поэтому осталось только их состыковать. Применение такого конструктивного решения позволило уменьшить объём земляных работ на 85 % и сократить сроки строительства тоннелей на 24 дня. До настоящего времени оба тоннеля эксплуатируются нормально, что говорит о надёжности конструкции сборно-монолитной «стены в грунте».

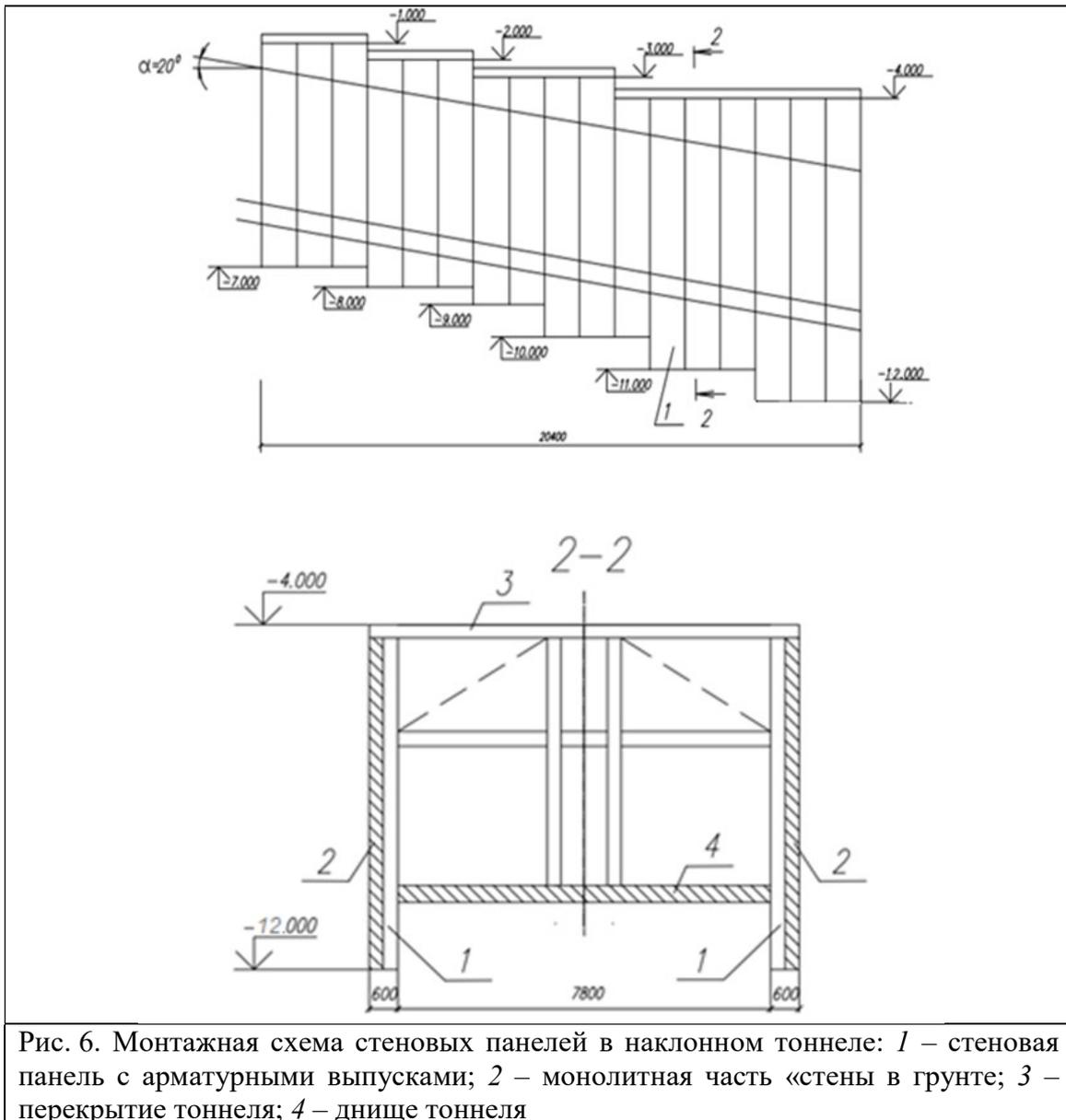


Рис. 6. Монтажная схема стеновых панелей в наклонном тоннеле: 1 – стеновая панель с арматурными выпусками; 2 – монолитная часть «стены в грунте»; 3 – перекрытие тоннеля; 4 – днище тоннеля

## Выводы

1. Результаты предварительно выполненных исследований сборно-монолитной «стены в грунте» использованы при проектировании и строительстве несущих заглубленных сооружений промышленных объектов.
2. Возведённые заглубленные части промышленных сооружений с использованием конструкции двухслойной сборно-монолитных «стен в грунте» эксплуатируются до настоящего времени нормально, что говорит о надёжности и эффективности такой конструкции.

## Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

**Список литературы**

1. Устройство «стены в грунте». СТО НОСТРОЙ 2.5.74-2012// Стандарт организации. М.: Изд-во «БСТ». 2012. 76 с.
2. Республиканские строительные нормы РСН 20–87. Проектирование и устройство траншейных и свайных стен методом «стена в грунте». Минск: Госстрой БССР.1987. 112 с.
3. Республиканские строительные нормы РСН КазССР 60–90. Проектирование и строительство заглубленных сооружений, выполняемых способом «стена в грунте» с применением монолитных, сборных и сборно-монолитных конструкций. Алма-Ата. Госстрой КазССР. 1990. 40 с.
4. Рыбников А. М. Першин В. Г. Свайная «стена в грунте» при строительстве заглубленных сооружений // Информационный листок. Серия 67.11.31. Караганда: Изд-во Карагандинский ЦНТИ. 1991. № 6–91. 5 с.
5. Рыбникова И. А, Рыбников А. М. Опыт устройства заглубленных сооружений способом свайная «стена в грунте» // Научно- теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова». 2017. № 4. С. 26–31.
6. Першин В. Г., Рыбников А. М. «Стена в грунте» вместо шпунтовой стенки // Информационный листок. Серия 67.11.29. Караганда: Изд-во Карагандинский ЦНТИ. 1990. № 77–90. 4 с.
7. Рыбникова И. А., Рыбников А. М. Разработка и применение конструкции траншейной «стены в грунте» с рамными элементами// Научно- теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова». 2018. № 8. С. 48–54.

**From the experience of testing large diameter bored piles for various types of loads in slag dumps of metallurgical production**

<sup>1</sup> Rybnikova I. A., <sup>2</sup> Rybnikov A. M., <sup>1</sup> Tsallagov S. Ch.

<sup>1</sup> NB BSTU named after V.G. Shukhov, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75

<sup>2</sup> GMU named after adm. F. F. Ushakov, 353918, Russia, Novorossiysk, Lenin Ave. 93

An effective and simple "wall in the ground" in the form of a two-layer panel consisting of a precast reinforced concrete panel with rebar outlets and a monolithic part concreted directly in the trench is described. The two-layer panel allows you to combine the advantages of precast and monolithic concrete in one design. Examples of the use of such a design in the construction of a sewage pumping station of industrial effluents of the Pavlodar Tractor Plant and tunnels of the charge warehouse of the Pavlodar aluminum-alumina plant are given. Details and parameters of the applied construction of prefabricated monolithic "walls in the ground" are described, which showed their technological and economic efficiency.

*Keywords:* trench, clay suspension, buried structure wall in the ground, wall panels, monolithic concrete, economic effect.