

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ
ПОДПОРНЫХ СТЕН ИЗ БЛОКОВ С ГРУНТОВЫМ
НАПОЛНИТЕЛЕМ**

Канд. техн. наук, доцент **Н.Я. Цимбельман**,
аспирант **И.В. Кузоваткин**
(Дальневосточный федеральный университет (ДФУ)),
генеральный директор **Я.И. Котык**
(ООО «Захар»),
инженер-проектировщик **Д.Ю. Иванников**,
генеральный директор **В.Н. Бабкин**
(ООО «КорБет»)
Контактная информация: d.ivannikov@korbetstroy.ru;
info@korbetstroy.ru

В статье рассматривается последовательность расчёта и приводятся примеры внедрения конструкции быстровозводимого подпорного сооружения, обладающего повышенной устойчивостью к динамическим нагрузкам и эстетической привлекательностью при сравнительно невысокой стоимости. Подпорное сооружение представляет собой ступенчатую конструкцию полугравитационного типа, в которой совместная работа заполненных грунтом блоков обеспечивается силами трения за счет плотной укладки грунта наполнителя внутри каждого из блоков и формирования уплотненного основания сооружения, удерживающего грунт от обрушения. Рассматриваемая конструкция обладает рядом преимуществ, среди которых быстрый монтаж (а также возможность демонтажа с сохранением целостности основных элементов), отсутствие «мокрых» процессов при возведении, конструктивная гибкость, относительно высокая устойчивость к динамическим нагрузкам. Решение задачи создания метода расчётного моделирования подпорных сооружений со сложной формой напорной грани, состоящих из блоков, не имеющих жёсткой конструктивной связи и заполненных сыпучим телом, позволит составить достаточное расчётное обоснование для применения рассматриваемой конструкции в сооружениях транспортного строительства, в составе устоев мостов и при креплении насыпей дорог.

Ключевые слова: подпорные стенки, устои мостов, заполненные грунтом блоки, крепление насыпей автомобильных дорог, новые конструкции подпорных сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности решения задачи удержания массива грунта от обрушения (основного функционального назначения подпорных сооружений) определяют область применения того или иного конструктивного решения. В настоящее время существует широкое разнообразие конструктивных решений подпорных сооружений [1], среди которых выгодно выделяются подпорные стены, состоящие из отдельных, заполненных сыпучим наполнителем блоков. Достаточно широкое распространение стенки такого типа получили в регионах повышенной сейсмичности, в том числе в Японии [2].

К преимуществам таких сооружений можно отнести известные положительные стороны технологии сборных конструкций над монолитными, такие как быстрый монтаж – демонтаж и отсутствие «мокрых» процессов при возведении, а также эстетичность, конструктивную гибкость, сравнительно высокую устойчивость к динамическим нагрузкам. Применение в качестве заполнителя щебня (или другого дренирующего материала) позволяет в большинстве случаев отказаться от устройства пристенного дренажа. Рассматриваемое концептуальное конструктивное решение подпорных стен из отдельных заполненных грунтом блоков [3] может быть применено в практике промышленного, гражданского и транспортного строительства, в том числе в конструкциях устоев мостов и при формировании дорожных насыпей (рис. 1).

Несмотря на указанные преимущества, использование в практике отечественного строительства подпорных сооружений данного конструктивного решения всё ещё не получило широкого распространения ввиду исторически сложившегося доминирования традиционных конструктивных решений, а также некоторых проблем теоретического характера, на решение которых направлена рассмотренная в данной статье работа.

Методика расчёта

В целом методика расчёта подпорных стен из отдельных заполненных грунтом блоков соответствует общему алгоритму расчёта подобного рода сооружений, регламентируемому действующими нормами, среди которых специфика транспортного строительства отражена в СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы», СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные», а также ГОСТ 33390-2015, ГОСТ Р 52398-2005, ГОСТ 25607-2009, ГОСТ 33063-2014, ГОСТ 33382-2015 и других нормативных документах.

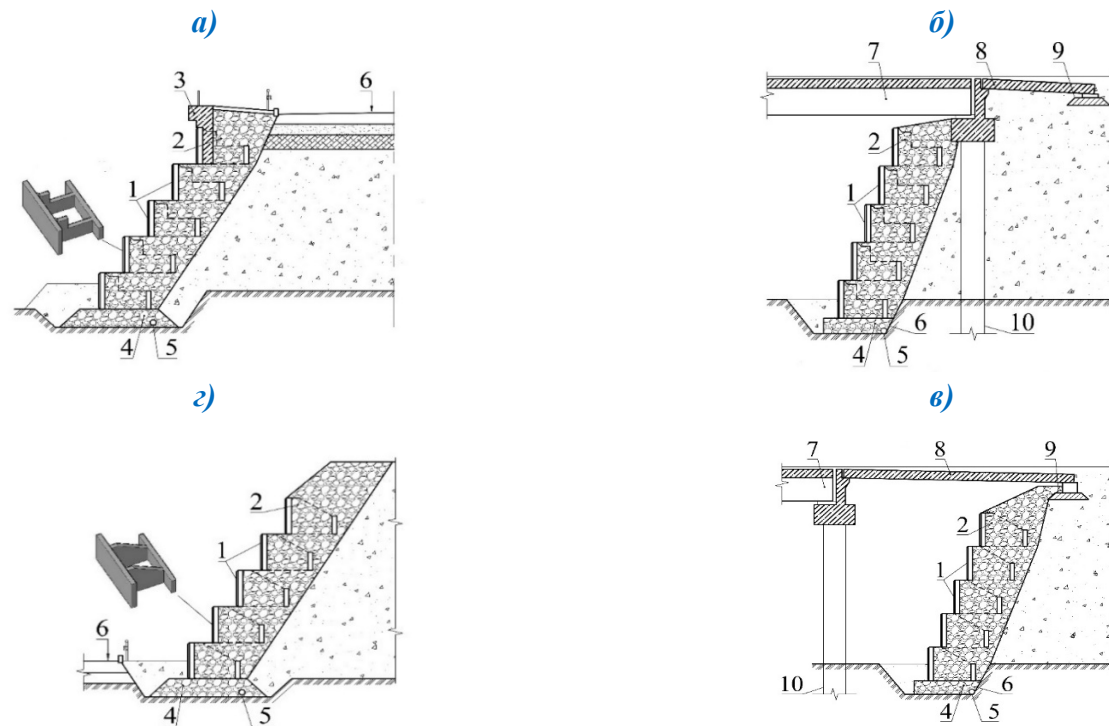


Рис. 1. Применение подпорных стен из заполненных грунтом блоков:

а) – при формировании дорожных насыпей; б), в) – при использовании в конструкциях устоев мостов;

г) – наклонная подпорная стенка;

1 – пустотелый блок (оболочка); 2 – уплотненный щебень; 3 – вариант монолитного верхнего строения;

4 – уплотненное щебеночное основание; 5 – дренажная труба; 6 – состав дорожного полотна; 7 – пролетное строение;

8 – переходная плита; 9 – щебеночная подушка; 10 – опора моста

Методы определения давления грунта на ограждения и оценки устойчивости сооружений на основании базируются на положениях Сводов правил: СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»; СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий»; СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные. Правила проектирования»; СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах», СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»; ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» и других норм общего характера. Таким образом, состав и общую последовательность расчёта можно представить в следующем виде (со ссылками на нормы Российской Федерации):

1. Расчёт давления грунта:

- формирование исходных данных (назначение высоты подпора, уточнение напластования и характеристик грунтов, определение нагрузки на поверхности засыпки, технологических нагрузок и др.);
- построение расчётной схемы стенки (назначение поперечного сечения, размеров, определение напорной грани, схемы приложения нагрузок);
- определение расчётных характеристик грунта (п. 6.1.24, 6.1.25 СП 381.1325800.2018);
- определение величины и схемы распределения давления (п. 5.1.14 СП 43.13330.2012; Приложение М СП 101.13330; п. 8.3 СП 268.1325800.2016).

2. Расчёты по I группе предельных состояний:

- расчёт прочности конструкции стенки (сдвиг блока по блоку, опрокидывание блока);
- расчёт прочности грунтового основания (для скальных грунтов – п. 5.7 СП 22.13330.2016);
- расчёт устойчивости положения против сдвига по подошве и по поверхностям в основании (п. 5.1.17 СП 43.13330.2012);
- расчёт устойчивости положения против опрокидывания (для прочного основания);
- расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (п. 5.7.7 СП 22.13330.2016, п. 2.287 СП к СНиП 2.02.01-83*; Гл. 9 СП к СНиП 2.09.03-85*).

3. Расчёты по II группе предельных состояний:

- расчёт основания стенки по деформациям (п. 5.6 СП 22.13330.2016).

4. Расчёт подпорной стенки численным методом:

- формирование численной модели подпорной стенки;
- формирование фаз (этапов) расчёта;
- анализ напряжённно-деформированного состояния конструкции.

При этом и конструкция, и технология возведения сооружений рассматриваемого типа предполагает наличие некоторых особенностей процедуры сбора нагрузки, оценки прочности тела стенки и расчёта устойчивости на основании; указанные особенности отражены в следующем разделе статьи.

Особенности расчёта

Основная конструктивная особенность рассматриваемой конструкции подпорного сооружения состоит в том, что уровни блоков, составляющих стенку, конструктивно не перевязаны между собой: заполненные щебнем блоки удерживаются в проектном положении за счёт сил трения, формируемых собственным весом конструкции (**рис. 2**).

Первая и основная особенность процедуры расчёта состоит в последовательном (сверху вниз) определении бокового давления грунта с одновременной проверкой возможности сдвига блока по блоку. При этом угол наклона напорной грани будет изменяться от уровня к уровню, а усилие от вышележащего уровня блоков и воспринимаемой им нагрузки от грунта будет передаваться на нижележащий с нарастающим итогом. Таким образом, для данного типа подпорных стен в общем случае характерна сложная форма напорной грани конструкции и более сложный вид напряжённно-деформированного состояния.

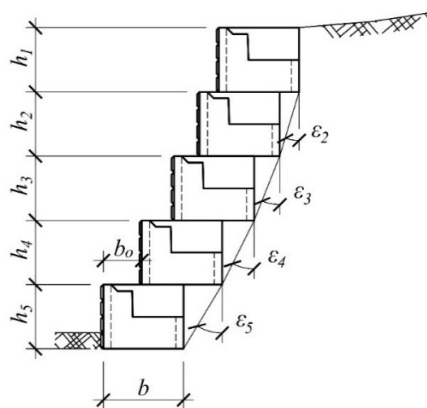


Рис. 2. Схема компоновки заполненных блоков:

h_i – высота i -того блока; ε_i – угол наклона напорной грани к вертикали для i -того блока; b_0 – отступы блоков; b – ширина подошвы нижнего блока; i – номер блока

Предпосылки к методу определения давления грунта на подпорные стенки рассматриваемой конструкции в целом соответствуют классическим решениям, для которых рассматривается равновесие сил, приложенных к призме обрушения грунта, возникающей за напорной гранью стенки. Сползающая призма находится в равновесии под действием сил собственного веса, реакции подпорной стены и реакции остальной части сыпучего тела [4, 5]. В случае, если на поверхности грунта присутствует полезная нагрузка, ее величина должна быть добавлена к величине собственного веса призмы обрушения. Далее, выражая из уравнения равновесия реакцию подпорной стены и дифференцируя данное выражение по углу обрушения грунта, находится условие, при котором активное давление грунта принимает максимальное значение.

Особенность расчёта при этом заключается в том, что определение давления выполняется поярусно, сверху вниз: вначале для верхнего блока (по классической схеме), при этом в итоге вычисляются равнодействующие всех усилий на верхнем ярусе, которые передаются на нижележащий блок. Затем равновесие каждого последующего уровня рассматривается с учётом нарастающей нагрузки от вышележащих блоков. При этом определение активного давления грунта на каждом уровне подпорной стены необходимо вести с учётом формы напорной грани вышележащего участка стены, поскольку игнорирование этого обстоятельства может привести к значительным неточностям при вычислениях.

С решением этой задачи напрямую связан вопрос определения собственного веса стенки, так как объём вовлекаемого в работу стенки грунта (наполнитель блока и пристенные призмы – **рис. 2**) отделяется от внешнего окружающего грунта условной напорной гранью, на которую определяется активное давление грунта и которая является ломаной, поскольку для каждого ряда блоков имеется собственный угол отклонения.

Другая особенность рассматриваемой конструкции состоит в теоретической возможности глубинного сдвига по круглоцилиндрическим или ломаным поверхностям, проходящим не только через основание подпорной стенки, но и через «межрядовое» пространство, поскольку проектное положение каждого ряда блоков обеспечивается только силами трения на контакте подошвы блока с грунтом (щебнем) в межуровневом пространстве. Проверка устойчивости на глубинный сдвиг также должна выполняться сверху вниз, от ряда к ряду.

Отдельной особенностью расчёта является проверка прочности пустотелого блока (который, как правило, выполняется из железобетона) на действие распорного давления грунта (щебня), укладываемого внутри блока с уплотнением.

Ввиду цикличности процедуры определения давления грунта на стенку и сопутствующих расчётов целесообразно сформировать программный комплекс, который позволил бы автоматизировать процедуру поуровневого сбора нагрузок и последовательных расчётов по определённому алгоритму. Программа должна обеспечить подбор оптимальной формы поперечного сечения подпорной стенки (число рядов, наклон стенки, наличие и величина отступов от ряда к ряду) в зависимости от расчётных условий, среди которых основными являются: область применения, определяющая действующие технологические нагрузки; необходимая высота подпора и допустимая величина наклона стенки; характеристики грунта внутреннего наполнителя блоков, грунта засыпки и грунта основания. Для ограниченного набора начальных условий процедура расчёта реализована в пробной компьютерной программе [6], для которой в настоящее время ведётся разработка смежных программных модулей.

Практика применения

За период с 2010 по 2022 гг. в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации возведены двадцать пять объектов – подпорных сооружений рассматриваемой конструкции [7-11] в шести городах федерального и районного значения, общей площадью более 40 тыс. м², а также ряд малых сооружений в сфере благоустройства. Существуют также примеры применения для объектов транспортного строительства. Выполнено крепление дорожной насыпи на трассе Де-Фриз – Патрокл (**рис. 3**), общая площадь сооружения – 4639 м², высота – до 7 м.



Рис. 3. Подпорное сооружение на трассе Де-Фриз – Патрокл (Приморский край)

Приведем еще один из примеров применения – подпорная стена на ул. Маковского в г. Владивостоке (**рис. 4**).



Рис. 4. Подпорная стена на автомобильной дороге – ул. Маковского (г. Владивосток)

На территории Центрального федерального округа силами ООО «Трансстроймеханизация» выполнено крепление устоев моста путепровода на федеральной автомобильной дороге (а/д) М12; протяженность подпорных стен в данном случае составляет 56 и 62 м, высота – 3 м (**рис. 5**). Согласно данным служб строительного контроля, применение рассматриваемой технологии позволило сократить сроки возведения устоев на 40 %.



Рис. 5. Крепление устоев моста (а/д М 12, ПК 482, Московская обл., пос. Большие Дворы)

Численное моделирование подпорных стенок близких конструктивных решений выполнялось ранее преимущественно в плоской постановке [12] без обоснования принципов формирования численной модели, учитывающих особенности конструкции и условия контакта стенок блоков с грунтом наполнителя, основания и внешней засыпки. Таким образом, с учетом современных рекомендаций к расчётному моделированию сооружений (п. 6.1.9 СП 381.1325800.2018; п. 5.1.10 СП 22.13330.2016; п. 8.1.7 СП 248.1325800.2016), ставится задача построения методики численного моделирования подпорных стенок из заполненных грунтом блоков в пространственной постановке с экспериментальной верификацией по результатам натурных и полунатурных испытаний либо испытаний на малых моделях в лабораторных условиях, с учетом соблюдения положений теории подобия. При этом особое внимание должно быть уделено актуальному вопросу описания условий взаимодействия сред на контакте грунта внутреннего наполнителя (как важнейшего конструкционного материала сооружения) со стенками блоков. Данная задача может быть решена по примеру исследований тонкостенных заполненных грунтом оболочек [13, 14], поскольку пустотелый короб является оболочкой, удерживающей наполнитель (уплотненный щебень) в проектном положении.

Обоснованная численная модель позволит, во-первых, решить задачу оценки напряженно-деформированного состояния элементов подпорного сооружения, выполненного из заполненных сыпучим материалом блоков, и, во-вторых, построить алгоритм подбора оптимальной формы поперечника (и подготовить набор типовых решений) в зависимости от назначения сооружения (технологических и иных нагрузок) и свойств грунта наполнителя, засыпки и основания.

ВЫВОДЫ

Подпорное сооружение из отдельных заполненных грунтом тонкостенных блоков является перспективным вариантом конструктивного решения задач транспортного, гражданского и промышленного строительства. Конструкция обладает рядом значительных преимуществ, позволяющих снизить сроки строительства, избежать трудоёмких технологических операций при монтаже и, как следствие, обеспечить экономичность сооружения. Отдельно необходимо отметить хорошую предрасположенность конструкции к восприятию динамических нагрузок (транспортной вибрации, ударов, сейсмических воздействий), что позволяет ре-

комендовать её при возведении насыпей, устоев мостов и других сооружений дорожного строительства, в том числе в районах повышенной сейсмичности.

Несмотря на положительный опыт эксплуатации возведённых подпорных сооружений из заполненных грунтом блоков (в период с 2000 г. до настоящего времени на Дальнем Востоке России возведено около 10 000 пог. м подпорных сооружений такого типа), область применения рассматриваемого конструктивного решения по объективным причинам ограничивается трудностями расчётно-теоретического обоснования. Среди основных актуальных вопросов обозначена необходимость формирования алгоритма и адаптации методики расчёта на основе существующих нормативных положений с учётом специфики конструктивного решения. Поставлена также научно-исследовательская задача построения методики численного моделирования сооружений из заполненных грунтом блоков в пространственной постановке. Исследования должны включать калибровку и верификацию численных моделей по результатам экспериментальных данных, полученных при натурных, полунатурных либо модельных испытаниях в лабораторных условиях. Поставлены также задачи развития средств автоматизации циклической процедуры расчёта, характерной для данного типа конструкции, с применением ЭВМ (разработка комплексной программы), и формирования алгоритма подбора оптимальной формы поперечного сечения сооружения в зависимости от грунтовых условий и действующих нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цимбельман Н.Я. Надежда и опора // Наука и жизнь. – 2009. – № 8. – С. 60-65.
2. Методика строительства «Подпорная стена коробчатого типа». Руководство по проектированию // Исследовательский центр гражданского строительства. – Япония. – 2016. – 180 с. – Яп.
3. Подпорная стенка: пат. на полезную модель № 85502 Рос. Федерация: МПК E02D 29/02 (2006.01) / Цимбельман Н.Я., Эстрин Л.З.; патентообладатель Дальневосточный ГТУ (ДВПИ им. В.В. Куйбышева); заявл. 10.02.2009; опубл. 10.08.2009. – Бюл. № 22. – 11 с.
4. Клейн Г.К. Расчет подпорных стен. – М.: Высшая школа, 1964. – 196 с.
5. Снитко Н.К. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стен. – М.: Госстройиздат, 1963. – 296 с.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612433 от 19.02.2019. Расчёт подпорных стен из блоков-коробов / ООО «АЗКонкрит». – 2019.
7. Государственные сметные нормативы, ГЭСН 30-08-008-07 ÷ 30-08-008-10 «Устройство подпорных стен из конструктивных (рамных) сейсмоустойчивых железобетонных блоков» [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgisrf.ru/gesn/tabлица-30-08-008/> (дата обращения: 26.10.2022).
8. Московский территориальный строительный каталог (раздел «Конструкционный блок для подпорной стенки КБП 100/200» КСР ОКПД 2 23.61.12.159). [Электронный ресурс]. – URL: <https://msk.mos.ru/?WCI=VIEWPRODUCTION&WCE=GOTO.OBJECTCATALOGUE.31529> (дата обращения: 26.10.2022).
9. СТО 88259817-001-2018. Стены подпорные сейсмостойкие гравитационного типа из блоков конструктивных железобетонных типа КБП. Технические требования», согласованный для применения на объектах Государственной компании «Российские автомобильные дороги» [Электронный ресурс]. – URL: https://russianhighways.ru/upload/iblock/56b/6.-СТО-88259817_001_2018_-ООО-Zakhar.PDF (дата обращения: 26.10.2022).
10. СТО 88259817-001-2018. Стандарт организации. Стены подпорные сейсмостойкие гравитационного типа из блоков конструктивных железобетонных типа КБП. Технические требования. – Владивосток; ООО «АЗКонкрит», 2018 – 38 с. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.russianhighways.ru/upload/iblock/2c1/9.-Standart-organizatsii-СТО-88259817_001_2018.pdf (дата обращения: 26.10.2022).
11. ТУ 5859-001-88259817-2009 «Конструктивный блок для подпорной стенки и подпорные стенки типов КБП 100/200, КБП 100/150, КБП 50/200» [Электронный ресурс]. – URL: <https://e-ecolog.ru/crc/50.%D0%A0%D0%90.02.585.%D0%A2.000083.06.09> (дата обращения: 26.10.2022).
12. Отчет об экспертизе технологии строительства. Строительные материалы / изделия / технологии, технологии содержания дорог. Акт строительно-технической экспертизы №0327. Наклонная подпорная стена с возможностью контакта «Коробчатая подпорная стена». – Исследовательский центр гражданского строительства. – Япония. – 2014. – 238 с. – Яп.
13. Беккер А.Т. Применение оболочечных конструкций с упругим наполнителем в строительстве / А.Т. Беккер, Н.Я. Цимбельман //

Вестник Дальневосточного государственного технического университета. – 2010. – № 2 (4). – С. 27-34.

14. Bekker A.T. *Interface Friction Parameters for the Mathematical Modeling of Shell Structures with Infill* / A.T. Bekker, N.Y. Tsimbelman, T.I. Chernova; V.D. Bruss; Ö. Bilgin // *The Proceedings of the Twenty-fifth International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE-2015)*. – 2015. – Kona, Big Island, Hawaii, USA.

L I T E R A T U R A

1. Cimbel'man N.YA. *Nadezhda i opora* // *Nauka i zhizn'*. – 2009. – № 8. – S. 60-65.
2. *Metodika stroitel'stva «Podpornaya stena korobchatogo tipa»*. *Rukovodstvo po proektirovaniyu* // *Issledovatel'skij centr grazhdanskogo stroitel'stva*. – Yaponiya. – 2016. – 180 s. – Yap.
3. *Podpornaya stenka: pat. na poleznuyu model' № 85502 Ros. Federaciya: MPK E02D 29/02 (2006.01)* / Cimbel'man N.YA., Estrin L.Z.; *patentoobladatel' Dal'nevostochnyj GTU (DVPI im. V.V. Kujbysheva)*; *zayavl. 10.02.2009; opubl. 10.08.2009*. – *Byul. № 22*. – 11 s.
4. Klejn G.K. *Raschet podpornyh sten*. – M.: *Vysshaya shkola*, 1964. – 196 s.
5. Snitko N.K. *Stichesкое i dinamicheskoe davlenie gruntov i raschet podpornyh sten*. – M.: *Gosstrojizdat*, 1963. – 296 s.
6. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2019612433 ot 19.02.2019. Raschyot podpornyh sten iz blokov-korobov / OOO «AZKonkrit»*. – 2019.
7. *Gosudarstvennye smetnye normativy, GESN 30-08-008-07 ÷ 30-08-008-10 «Ustrojstvo podpornyh sten iz konstruktivnyh (ramnyh) seismoustojchivyh zhelezobetonnyh blokov» [Elektronnyj resurs]*. – URL: <https://fgisrf.ru/gesn/tablitza-30-08-008/> (data obrashcheniya: 26.10.2022).
8. *Moskovskij territorial'nyj stroitel'nyj katalog (razdel «Konstrukcionnyj blok dlya podpornoj stenki KBP 100/200» KSR OKPD 2 23.61.12.159)*. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://msk.mos.ru/?WCI=VIEWPRODUCTION&WCE=GOTO.OBJECTCATALOGUE.31529> (data obrashcheniya: 26.10.2022).
9. *STO 88259817-001-2018. Steny podpornye sejsmostojkie gravitacionnogo tipa iz blokov konstruktivnyh zhelezobetonnyh tipa KBP. Tekhnicheskie trebovaniya», soglasovannyj dlya primeneniya na ob"ektah Gosudarstvennoj kompanii «Rossijskie avtomobil'nye*

- dorogi» [Elektronnyj resurs]. – URL: https://russianhighways.ru/upload/iblock/56b/6.-STO-88259817_001_2018_-OOO-Zakhar.PDF (data obrashcheniya: 26.10.2022).
10. STO 88259817-001-2018. Standart organizacii. Steny podpornye sejsmostojkie gravitacionnogo tipa iz blokov konstruktivnyh zhelezobetonnih tipa KBP. Tekhnicheskie trebovaniya. – Vladivostok; OOO «AZ-Konkrit», 2018 – 38 s. – [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.russianhighways.ru/upload/iblock/2c1/9.-Standart-organizatsii-STO-88259817_001_2018.pdf (data obrashcheniya: 26.10.2022).
 11. TU 5859-001-88259817-2009 «Konstruktivnyj blok dlya podpornoj stenki i podpornye stenki tipov KBP 100/200, KBP 100/150, KBP 50/200» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://e-ecolog.ru/crc/50.%D0%A0%D0%90.02.585.%D0%A2.000083.06.09> (data obrashcheniya: 26.10.2022).
 12. Otchet ob ekspertize tekhnologii stroitel'stva. Stroitel'nye materialy / izdeliya / tekhnologii, tekhnologii sodержaniya dorog. Akt stroitel'no-tekhnicheskoy ekspertizy №0327. Naklonnaya podpornaya stena s vozmozhnost'yu kontakta «Korobchataya podpornaya stena». – Issledovatel'skij centr grazhdanskogo stroitel'stva. – Yaponiya. – 2014. – 238 s. – Yap.
 13. Bekker A.T. Primenenie obolocheknyh konstrukcij s uprugim napolnitelem v stroitel'stve / A.T. Bekker, N.YA. Cimbel'man // Vestnik Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – № 2 (4). – S. 27-34.
 14. Bekker A.T. Interface Friction Parameters for the Mathematical Modeling of Shell Structures with Infill / A.T. Bekker, N.Y. Tsimbelman, T.I. Chernova; V.D. Bruss; Ö. Bilgin // The Proceedings of the Twenty-fifth International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE-2015). – 2015. – Kona, Big Island, Hawaii, USA.

.....
**CALCULATION METHOD AND APPLICATION PRACTICE OF
RETAINING WALLS OF BLOCKS WITH GROUND FILLER**

*Ph. D. (Tech), Associate Professor N.Y. Tsimbelman,
Postgraduate student I.V. Kuzovatkin
(Far Eastern Federal University (FEFU)),
Director General Ya.I. Kotyk
(«Zahar» LLC),
Design engineer D.Yu. Ivannikov,
Director General V.N. Babkin
(«KorBet» LLC)
Contact information: d.ivannikov@korbetstroy.ru;
info@korbetstroy.ru*

This article examines the calculation sequence and provides implementation examples for a retaining quickly erectable structure design having increased dynamic load resistance, as well as aesthetic appeal at comparatively low cost. The retaining structure represents a stepped semi-gravity type construction in which the joint work of ground-filled blocks is provided by friction forces due to compacted ground infill inside each one of the blocks and the formation of a compacted foundation of the structure which prevents ground failure. The considered structure possesses a range of advantages including rapid mounting (as well as the possibility of dismounting while maintaining the integrity of basic elements), lack of «wet» processes during construction, structural flexibility and comparatively high dynamic load resistance. The solving the problem of creating a computational modeling method for retaining structures with a complex-shaped pressure face consisting of blocks without rigid constructive connection and filled with granular material will allow to provide a sufficient computational substantiation for the use of considered structure in transport construction facilities, as well as a part of bridge abutments and road embankment reinforcement.

Key words: retaining walls, bridge abutments, ground-filled blocks, road embankment reinforcement, new retaining structure designs.

Рецензент: д-р техн. наук В.Н. Ефименко (Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ)).

Статья поступила в редакцию: 01.08.2022 г.