

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ  
ООО «АКАДЕМПРОЕКТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО  
ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ С УЧЕТОМ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Сборник материалов  
XIII Всероссийской научно-практической конференции  
12-13 мая 2022 г.



УДК 69 (06)  
ББК 38  
А 43

**Редакционная коллегия:**

**Глухов В.С.** – зав. каф. геотехники и дорожного строительства ПГУАС, к.т.н.,  
доцент (председатель);

**Глухова М.В.** – ст. преподаватель каф. геотехники и дорожного строительства  
ПГУАС (зам. председателя);

**Евсеев А.Е.** – доцент каф. механики ПГУАС;

**Полежай А.А.** – заместитель директора ООО «АкадемПроект», г. Пенза;

**Сучков С.А.** – ГИП ООО «АкадемПроект», г. Пенза;

А43      Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом  
энергосберегающих технологий: сборник материалов XIII  
Всероссийской научно-практической конференции / ред. В.С. Глухов  
и др. – Пенза: ПГУАС, 2022.

**Статьи печатаются в авторской редакции.**

В сборнике размещены материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий», которая проходила 12-13 мая 2022 года на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

Рекомендуется научным и инженерно-техническим работникам, преподавателям, аспирантам и студентам технических ВУЗов.

© Пензенский государственный  
университет архитектуры и  
строительства, 2022

**Обращение к участникам  
XIII Всероссийской научно-практической конференции  
«Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий»**



***Уважаемые коллеги!***

Настоящая научно-практическая конференция по своей тематике является достаточно традиционной, актуальной и посвящена проблемам надежности. Одновременно в рамках конференции освещаются вопросы применения энергосберегающих технологий и новых конструктивных решений в области фундаментостроения.

К сожалению, сохраняется тенденция увеличения количества аварий и предаварийных ситуаций при эксплуатации зданий и сооружений. Особенно тревожно, что это проявляется на этапе строительства. Наибольшие затруднения при устранении аварийных ситуаций и реконструкции связаны с усилением подземных конструкций и обеспечением надежной работы фундаментов. С другой стороны, характерной особенностью современного строительства считается появление новых материалов, технологий, машин и механизмов, методов расчета и проектирования, что способствует решению указанных сложных проблем.

Определенный экономический интерес представляет реконструкция зданий, включающая изменение их объемно-планировочных решений и надстройку. В указанной области строительства не наработаны стандартные приемы. В каждом конкретном случае требуется индивидуальный подход, учитывающий конструктивные особенности объектов и инженерно-геологические условия площадки застройки, что также нашло отражение в тематике конференции.

Надеюсь, уважаемые коллеги, что в ходе дискуссии будет обобщен накопленный опыт применения современных технических решений на основе энергосберегающих технологий, позволяющий позитивно изменить воззрения на проблемы фундаментостроения.

В проведении конференций существенную помощь оказывает строительная компания «НОВОТЕХ», которая основана в 1990 году. За последние пять лет специалистами компании, с участием сотрудников Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, разработаны ряд новых эффективных решений по фундаментам. В целом на счету компании более 1250 объектов проектирования, усиления и нового строительства. За годы работы специалисты компании принимали участие в строительстве более 650 объектов в разных регионах России. В 2002, 2005 и 2009 годах компания была включена в реестр Российского национального комитета по механике грунтов и фундаментостроению «Лучшие фирмы и организации, работающие в области фундаментостроения».

В подготовке конференции принимали самое активное участие сотрудники кафедры «Геотехника и дорожное строительство» ПГУАС, а также специалисты ООО «АкадемПроект».

Желаю участникам конференции плодотворной работы и успехов!

***С уважением, председатель конференции,  
заведующий кафедрой геотехники и дорожного  
строительства ПГУАС,  
Заслуженный строитель РФ***



***В.С. Глухов***

## ОГЛАВЛЕНИЕ

**1. ГРАЧЕВА Ю.В., РАДАЕВ В.А., КРУГЛОВА М.А.**

*ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТОВ НА ПРИБОРАХ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ* ..... 5

**2. ТАРАСЕЕВА Н.И., МОРШАНКИН В.А., БОРОДИНА Н.А., АНДРИАНОВ К.А.**

*НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДЗЕМНУЮ И НАДЗЕМНУЮ ЧАСТИ ЗДАНИЯ. СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ* ..... 11

**3. ФИЛЯЕВА В.В., ХРЯНИНА О.В., ПЕГОВА Е.Е.**

*РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ* ..... 15

**4. РАДАЕВ В.А., ЕСИМКИН М.А., ЛУКЪЯНОВ Г.А., САКСОНОВА Е.С., ХРЯНИНА О.В.**

*ЭФФЕКТИВНЫЙ ВАРИАНТ УСТРОЙСТВА ИСКУССТВЕННОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ* ..... 27

**5. РАДАЕВ В.А., ЕСИМКИН М.А., ЛУКЪЯНОВ Г.А., ХРЯНИНА О.В., САКСОНОВА Е.С.**

*ОБСЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ* ..... 33

**6. РАДАЕВ В.А., ЕСИМКИН М.А., КРУГЛОВА М.А., ХРЯНИНА О.В., ПЕГОВА Е.Е.**

*ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ЖИЛОГО ДОМА ТИПА «КОЛИВИНГ» ГОРОД ИННОПОЛИС, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН* ..... 42

**Грачева Ю. В., Радаев В.А., Круглова М.А.**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
e-mail: gracheva\_jv@mail.ru

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТОВ НА ПРИБОРАХ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

*Во время прохождения ознакомительной практики, с целью закрепления полученных знаний, студентами проведены лабораторные испытания песчаного грунта Шемышейского карьера Пензенской области в лабораторных условиях на специализированном оборудовании с программным обеспечением. Определены характеристики деформируемости методом компрессионного сжатия. Результаты испытаний, обработаны и представлены в виде графиков и таблиц.*

**Ключевые слова:** *песчаный грунт, метод лабораторного определения, прибор компрессионного сжатия, компрессионная кривая, деформация, вертикальная нагрузка, компрессионный модуль, одометрический модуль.*

**Gracheva Y. V., Radaev V. A., Kruglova M. A.**  
Penza State University of Architecture and Construction,  
e-mail: gracheva\_jv@mail.ru

## **DETERMINATION OF DEFORMATION PARAMETERS OF SOILS ON COMPRESSION DEVICES IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

*During the introductory practice, in order to consolidate the acquired knowledge, students conducted laboratory tests of the sandy soil of the Shemyshey quarry of the Penza region in laboratory conditions on specialized equipment with software. The characteristics of deformability by the compression method are determined. The test results are processed and presented in the form of graphs and tables.*

**Keywords:** *sandy soil, laboratory determination method, compression device, compression curve, deformation, vertical load, compression module, oedometer module.*

Во время прохождения ознакомительной практики на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» Пензенского ГУАС студентами выполнен комплекс испытаний [5-7] по определения параметров деформируемости песчаного грунта Шемышейского карьера Пензенской области лабораторным методом.

В соответствии с [4] под грунтом понимают любые почвы, техногенные образования, осадки, представляющие собой динамические системы и являющиеся частью геологической среды. Под основание понимается грунт, испытывающий нагрузки от расположенных на нем зданий и сооружений.

Грунт является анизотропным телом, поскольку его механические свойства неодинаковы в разных направлениях. Математическая модель закона Гука не может полностью описать грунт. В методиках СП и ГОСТ для удобства расчета и моделирования грунт воспринимается как Гуково тело. При этом закладываются дополнительные ограничения максимально возможной нагрузки на площадь основания, при этом давление под площадью подошвы фундамента должно быть меньше расчетного сопротивления грунта. В случае несоблюдения вышеизложенного условия грунт, еще какое-то время, сохраняет свою прочность, но определяется нелинейными законами.

Лабораторные методы испытания грунта позволяют выявить физические и механические характеристики грунта, нужные для правильного построения его математической модели.

По строительным нормам моделирование строительных конструкций, а основания не являются исключением, проводится по двум предельным состояниям: по несущей способности и по деформациям.

Для проверки грунта по несущей способности его нужно «разрушить» в лабораторных условиях. При оценке грунта по деформациям его нужно деформировать установленным образом.

Основной деформационной характеристикой грунта является модуль деформации, под которым понимают отношение напряжения, созданного в образце, к осадке этого образца.

Компрессионное сжатие это лабораторный метод испытания грунта, являющийся самым простым и доступным при установлении модуля деформации. Компрессионный одометр позволяет смоделировать напряженное состояние грунта с возможностью его ограничения перемещения по двум взаимно перпендикулярным осям, со стороны третьей оси будет прикладываться заданная нагрузка (см. рис. 1).

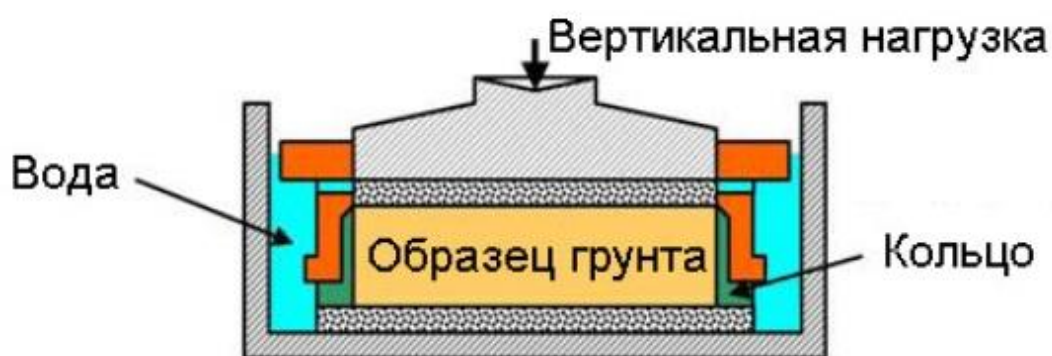


Рис. 1. Компрессионный метод испытания грунта

Компрессионный одометр состоит из металлической камеры, позволяющей смоделировать напряженное состояние и водонасытить грунт при необходимости. К верхней подвижной части одометра прикладывается нагрузка, которая создается специальной установкой [1].

Описание грунта, программа испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Программа испытаний

№	Прибор	Описание грунта	Вид нагружения	Стандарт	Количество испытаний
1	Одометр	Песок Шемышейский, средней крупности, рыхлый ( $e=1,03$ ) естественной влажности	Ступенчатое нагружение: 25-50-100-200 кПа	ГОСТ- 12248 (п. 5.4)	1

Данные, полученные в ходе проведения испытания, сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Данные, полученные в процессе испытания

Время от начала испытания, с	Действие	Action_Changed	Вертикальная нагрузка, кПа	Вертикальная деформация, мм	Вертикальная нагрузка, МПа	Относительная вертикальная деформация	Стадия испытания
0,002		False	0	0	0	0	Пуск
0,002		True	0	0	0	0	Пуск
0,002	Start	False	0	0	0	0	Пуск
15,832	Start	False	0	0	0	0	Пуск
45,863	Start	False	0	0	0	0	Пуск
59,147	Start	True	0	-0,00522	0	-0,00021	Компрессия
59,147	LoadStage	False	0	-0,00522	0	-0,00021	Компрессия
74,551	LoadStage	False	0	0,00522	0	0,000209	Компрессия
104,754	LoadStage	False	5,289863	0,08355	0,005289	0,003342	Компрессия
165,036	LoadStage	False	22,48192	0,61102	0,022481	0,024441	Компрессия
184,505	LoadStage	True	24,24521	0,63714	0,023804	0,025486	Компрессия
184,505	Stabilization	False	24,24521	0,63714	0,023804	0,025486	Компрессия
195,739	Stabilization	True	24,24521	0,64236	0,024245	0,025695	Компрессия
195,739	LoadStage	False	24,24521	0,64236	0,024245	0,025695	Компрессия
211,411	LoadStage	False	32,18	0,73114	0,03218	0,029037	Компрессия
234,505	LoadStage	True	49,37206	0,90348	0,048931	0,035931	Компрессия
234,505	Stabilization	False	49,37206	0,90348	0,048931	0,035931	Компрессия
250,021	Stabilization	False	48,93124	0,91393	0,048931	0,036557	Компрессия
265,927	Stabilization	True	49,37206	0,92960	0,049812	0,037184	Компрессия
265,927	LoadStage	False	49,37206	0,92960	0,049812	0,037184	Компрессия
281,318	LoadStage	False	74,49892	1,06016	0,073617	0,042198	Компрессия
294,599	LoadStage	True	99,62576	1,18028	0,098303	0,047002	Компрессия
294,599	Stabilization	False	99,62576	1,18028	0,098303	0,047002	Компрессия
309,787	Stabilization	False	98,3033	1,20639	0,098303	0,048256	Компрессия
325,303	Stabilization	True	99,18494	1,22206	0,099184	0,048882	Компрессия
325,303	LoadStage	False	99,18494	1,22206	0,099184	0,048882	Компрессия
340,584	LoadStage	False	175,4471	1,42051	0,172802	0,056612	Компрессия
362,412	LoadStage	True	199,2515	1,51451	0,198810	0,060581	Компрессия
362,412	Stabilization	False	199,2515	1,51451	0,198810	0,060581	Компрессия
377,725	Stabilization	False	199,6924	1,51974	0,199692	0,06079	Компрессия
393,834	Stabilization	True	199,6924	1,53018	0,199692	0,061207	Компрессия
393,834	Stop	False	199,6924	1,53018	0,199692	0,061207	Компрессия
394,037	Stop	True	199,6924	1,53018	0,199692	0,061207	Компрессия
394,037	Unload	False	199,6924	1,53018	0,199692	0,061207	Компрессия

В результате обработки данных испытаний построены зависимости, представленные на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Зависимость абсолютной деформации от вертикальных напряжений.

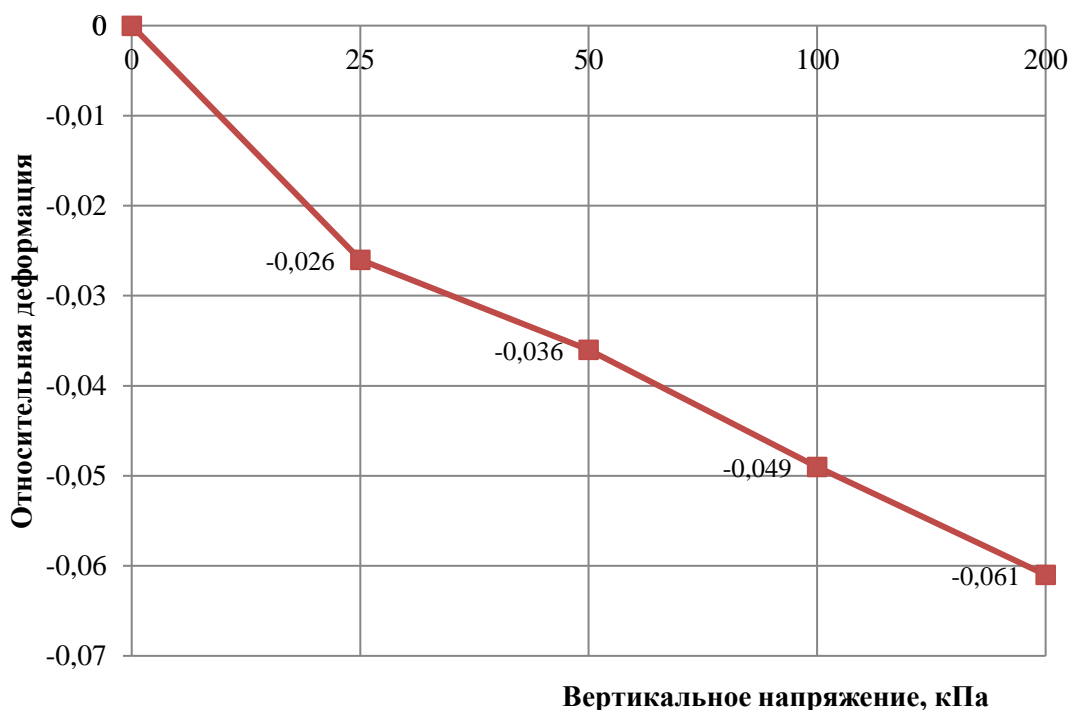


Рис. 3. Зависимость относительной деформации от вертикальных напряжений.

В соответствии с [2] и учитывая, значение изначального коэффициента пористости (см. табл. 1), испытуемый грунт это песок средней крупности, рыхлый.



Компрессионная кривая представлена на рис. 3.

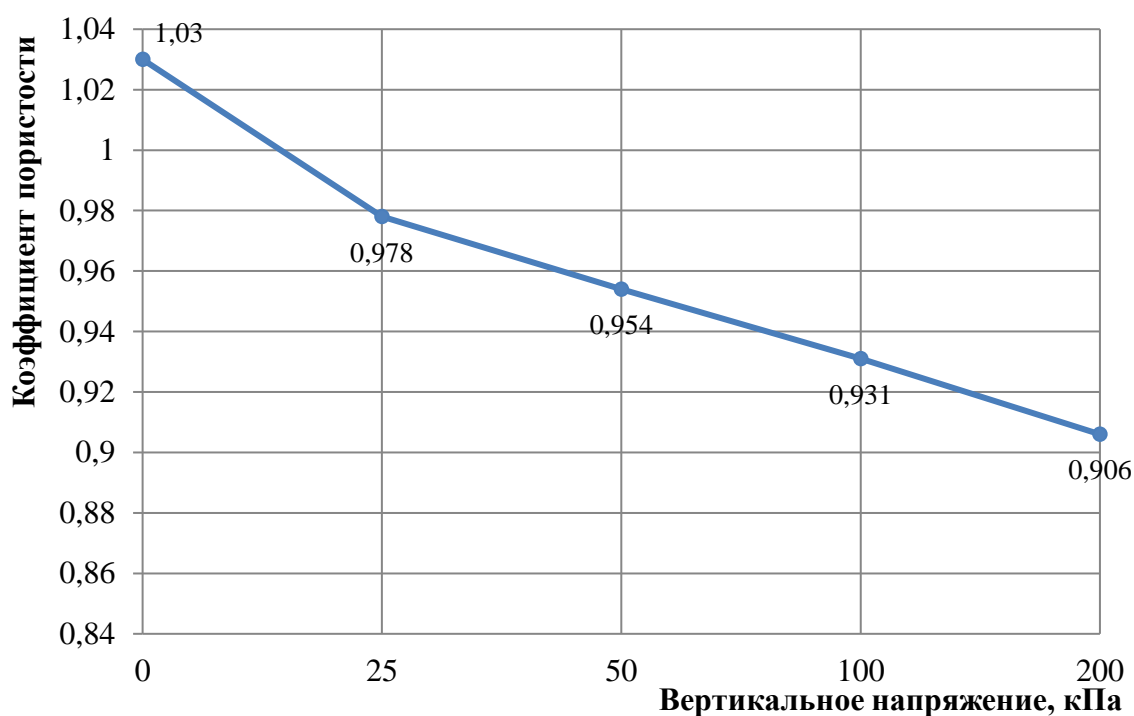


Рис. 3. Компрессионная кривая.

Построив компрессионную кривую установили компрессионный модуль деформации  $E_k$  [МПа] и одометрический модуль деформации  $E_{ord}$  [МПа] для различных интервалов нагружения.

Для интервала 0-25 кПа:  $E_k = 0,781$  МПа,  $E_{ord} = 0,961$  МПа.

Для интервала 25-50 кПа:  $E_k = 1,692$  МПа,  $E_{ord} = 0,694$  МПа.

Для интервала 50-100 кПа:  $E_k = 3,53$  МПа,  $E_{ord} = 1,020$  МПа.

Для интервала 100-200 кПа:  $E_k = 6,496$  МПа,  $E_{ord} = 1,639$  МПа.

При проведении компрессионного испытания возникает ряд моментов. При оценке по первой группе предельных состояний грунт должен быть разрушен, что невозможно добиться в условиях стеснения его перемещений по двум осям. В ходе испытания под бесконечно нарастающей нагрузкой образец может только бесконечно уплотняться. В реальных условиях грунт теряет прочность с некоторыми резкими деформационными процессами. Сломать образец грунта, в процессе его перемещения в трех перпендикулярных направлениях, возможно осуществить в опыте трехосного сжатия. До недавнего времени существовала некоторая достоверная корреляция между модулем деформации, полученным методом трехосного сжатия и методом компрессии. Последние изменения в ГОСТ подвергли сомнению данной корреляции, а значит, привело к необходимости проводить эксперименты на трехосное сжатие.

### Список литературы:

1. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010 [Текст]: монография. 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. [электронный ресурс] – URL:[http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost\\_25100\\_2011.pdf](http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf). Дата обращения: 18.01.2020.
3. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Дата обращения: 18.01.2020.
4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. Дата обращения: 18.01.2020.
5. Прочностные характеристики грунтов в условиях прямого среза по методу гост 12248 / Грачева Ю.В., Тарасеева Н.И., Хрипунова М.С., Крылов А.С. // Образование и наука в современном мире. Инновации. №2 (33). 2021. С. 99-103.
6. Тарасеева Н.И. Обзор методики применения приборов компрессионного сжатия и одноплоскостного среза в исследовательской деятельности магистрантов / Тарасеева Н.И., Грачева Ю.В., Володин А.С. // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование.– №2 (11). – 2020.– С.67-72.
7. Грачева Ю.В. Испытание грунта методом компрессионного сжатия в научно-исследовательской деятельности студентов / Грачева Ю.В., Игольников М.С., Крюков Д.П., Анненьков И.В. // Образование и наука в современном мире. Инновации. №5 (36). 2021. С. 81-88.
8. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». СП (Свод правил) от 29 октября 1996 года №47.13330.2010.
9. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Дата введения 1998-03-01. МГСН 2.07-01 Система нормативных документов в строительстве московские городские строительные нормы основания, фундаменты и подземные сооружения. Дата введения 2003-04-22.
10. СП 50-102-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и устройство свайных фундаментов. Одобрен для применения постановлением Госстроя России N 96 от 21 июня 2003 г.

**Тарасеева Н.И., Моршанкин В.А., Бородин Н.А.**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
e-mail: gds.pguas@mail.ru

**Андрианов К.А.**  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»  
e-mail: konst-68@yandex.ru

## **НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДЗЕМНУЮ И НАДЗЕМНУЮ ЧАСТИ ЗДАНИЯ. СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ**

*Строительство в условиях существующей застройки не только затруднено и требует особого подхода к выбору оборудования и технологии производства работ, но и диктует особые требования к материалам несущих и ограждающих конструкций. В статье выполнен анализ видов негативных воздействий как природного, так и техногенного происхождения. Представлены обоснование и опыт применения современных изоляционных материалов.*

**Ключевые слова:** транспортные тоннели, жилые дома, фундамент, грунтовые воды, виброизоляция, гидроизоляция.

**Taraseeva N.I., Morshankin V.A., Borodin N.A.**  
Penza State University of Architecture and Construction  
e-mail: gds@pguas.ru

**Andrianov K.A.**  
Tambov State Technical University  
e-mail: konst-68@yandex.ru

## **NEGATIVE IMPACTS ON THE UNDERGROUND AND ABOVE GROUND PART OF THE BUILDING. WAYS TO PROTECT STRUCTURES**

*Construction in the conditions of the existing building is not only difficult and requires a special approach to the choice of equipment and work technology, but also dictates special requirements for the materials of the supporting and enclosing structures. The article analyzes the types of negative impacts of both natural and man-made origin. Substantiation and experience of application of modern insulating materials are presented.*

**Key words:** transport tunnels, residential buildings, foundation, groundwater, vibration isolation, waterproofing.

Надземные и подземные части объектов строительства воспринимают воздействия не только природные, но и техногенные (даже в большей степени) [1]. В условиях городской застройки выбор материалов и конструкций для

строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений обуславливает развитие науки и промышленности в части материалов и технологий.

#### *Вибрационные воздействия на подземную часть здания*

Транспортные тоннели, в частности, городские метрополитены, строят, как правило, закрытого типа, т.е. без вскрытия земной поверхности над ними. Обделку, т.е. конструкцию, закрепляющую тоннельную выработку, выполняют из монолитного бетона, из сборного железобетона, а в самых первых – их чугуна в зависимости от грунтовых и гидрогеологических условий. Без сомнения, данные материалы обеспечивают надежность подземного сооружения и защиту прилегающих территорий воздействия поездов метрополитена, частота движения которых в час-пик составляет 90 секунд. Поэтому важным аспектом является вибрационная и акустическая изоляция близ лежащих зданий и сооружений.

На примере г. Москвы: средняя глубина станций московского метро (не считая наземных участков) – 24 м. Количество станций по типам конструкции: 2 однопролётных (WIKI) – «Марьино» и «Волжская» – средняя глубина 8 м. 4 двухпролётных – «Красносельская», «Пятницкое шоссе» и «Братиславская» – средняя глубина 11 метров. Станция «Парк Победы» является самой глубокой станцией – 84 метра. Самая близкая к поверхности станция – «Печатники», ее глубина заложения составляет всего 5 метров.

Следовательно, большая часть существующих гражданских объектов находится в зонах повышенной вибрационной активности, при чем воздействия не только снаружи здания, но и от внутренних элементов, например, лестницы, лифтовые шахты, конструкции межэтажных пролетов и стеновых перегородок и др. создают еще и шумы. Поэтому прогрессивным направлением является применение изоляционных материалов.

Строительство в условиях существующей застройки не только затруднено и требует особого подхода к выбору оборудования и технологии производства работ, но и диктует особые требования к материалам несущих и ограждающих конструкций. Рассмотрим на примере строительства жилого дома по ул. Русаковская, г. Москва, удаленность от станции метро Красносельская 520 метров (рис. 1).

#### *Воздействие грунтовых вод на подземные части здания*

Грунтовые воды оказывают вредное воздействие на фундаменты и часто становятся причиной затопления подвалов. Если подземные части сооружений не защищены специальными гидроизоляционными материалами, со временем это может привести к постепенному разрушению фундаментной конструкции. В итоге здание может просесть или же вовсе разрушиться.

Подобных ситуаций можно легко избежать, используя специальные гидроизоляционные покрытия для защиты фундаментных конструкций от разрушений. Эти материалы эффективно предотвращают попадание влаги и грунтовых вод в подвалы и позволяют существенно увеличить срок службы фундаментов.

Основные источники происхождения подземных вод – это осадки и

поверхностные стоки. Влияние этих факторов негативно сказывается на долговечности строительных конструкций и может привести к полному или частичному разрушению элементов зданий не только за счет подмокания подземной части здания, но и негативного воздействия капиллярного подсоса влаги на выше расположенные части. Поэтому важно предусмотреть изоляционные мероприятия еще на этапе проектирования конструктивных элементов. Правильная гидроизоляция – залог длительной эксплуатации здания.



Рис. 1. Строительства жилого дома по ул. Русаковская, г. Москва

### *Виды негативного воздействия влаги на фундамент*

- Действие сил морозного пучения. Расширение при замерзании – одно из важных свойств воды – представляет опасность для фундаментов. Явление увеличения объема грунта (за счет содержащейся в нем воды) называют силами морозного пучения. Последствия воздействия таких сил серьезны: от появления трещин в фундаменте до его раскола и дальнейшего разрушения.

- Воздействие примесей. Воды, находящиеся в грунте, имеют сложный химический состав. Достаточно часто это обусловлено не столько природными особенностями, сколько загрязнением окружающей среды техногенными факторами: поверхностными стоками с автомобильных дорог, орошаемых химикатами полей, выбросами с производств. Такие воздействия имеют негативные последствия: бетон крошится, арматура окисляется, ржавеет.

- Усиление действия разрушающего эффекта примесей содержащимся в воде кислородом. Большая концентрация кислорода в воде, соприкасающейся с фундаментом, приводит к расслаиванию бетона, увеличению имеющихся трещин и углублений.

- Вымывание. Непосредственно механическое воздействие вод повреждает структуру бетона: его поверхность становится более пористой, ячеистой, оголяется арматура.

Поэтому гидроизоляция, а также организованный дренаж защищают фундамент от методичного разрушения бетона и позволяют сохранять конструктивные характеристики несущих и ограждающих элементов.

#### *Рекомендации применения изоляционных материалов и выводы*

Современный рынок имеет широкий спектр изоляционных материалов, к примеру, Sylomer – это полиуретановый эластомер в виде матов с ячеистой структурой смешанного типа, может применяться не только для виброизоляции виброактивных устройств различных габаритов и массы, подземной части зданий и сооружений, тяжелого инженерного оборудования, но и для изоляции фундаментов, надфундаментной и цокольной части здания при наличии увлажненных грунтов (повышенного уровня грунтовых вод). Характеристики виброопор подбираются в соответствии с условиями применения, видом конструкции и методом строительства [2]. Sylomer обладает способностью сжиматься в объёме, что делает его незаменимым при устройстве полноплоскостных виброизолирующих оснований (рис. 2).

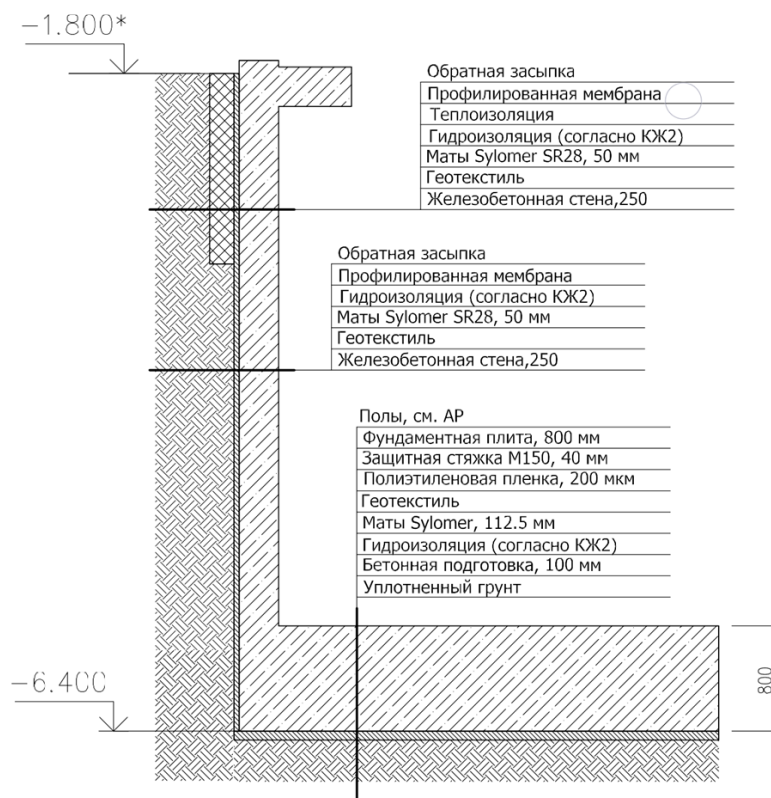


Рисунок 2. Проектное решение применения изоляционных матов Sylomer для подземной части жилого дома.

Благодаря смешанной ячеистой структуре Sylomer может поглощать некоторое количество воды. Но влияние влаги на статическую и динамическую жёсткость материала, даже погруженного в воду, незначительно.

Таким образом, выбор качественного изоляционного материала с широким спектром характеристик позволит обеспечить защиту фундаментов, надфундаментной и цокольной части здания не только от вибрационных воздействий, но и действия подземных вод.

#### Список литературы:

1. Андрианов К.А. Анализ уровня шумового воздействия автомобильного транспорта с учетом уровня загрузки пересечений городских дорог / Андрианов К.А., Матвеева И.В., Федоров Д.В. // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2018. № 2 (2). - С. 53-56.
2. Тарасеева Н.И. Конструктивные решения фундаментов встроенно-пристроенного детского сада с применением виброизоляционных матов Sylomer / Тарасеева Н.И., Викторов В.В., Калашников А.В., Хрипунова М.С., Моршанкин В.А. // Моделирование и механика конструкций. 2021. № 14. С. 105-114.

**УДК 502**

**Филяева В.В., Хрянина О.В., Пегова Е.Е.**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
ГАПОУ ПО Пензенский колледж архитектуры и строительства  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

### **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

*В статье рассмотрены факторы, определяющие безопасность и экологичность разрабатываемого проекта жилого здания. Определено соответствие выявленных факторов нормативным требованиям безопасной эксплуатации и охраны природы. Разработаны технические и организационные мероприятия по защите человека и окружающей среды.*

**Ключевые слова:** охрана окружающей среды; негативное влияние; выбросы загрязняющих веществ; коммунально-бытовые отходы; экологичное освещение.

**Filyaeva V.V., Khryanina O.V., Pegova E.E.**  
Penza State University of Architecture and Construction  
НАРОУ ПО Penza College of Architecture and Construction  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

### **DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACTS ON THE ENVIRONMENT DURING THE OPERATION OF A RESIDENTIAL BUILDING**

*The article considers the factors that determine the safety and environmental friendliness of a residential building project being developed. The compliance of the identified factors with the regulatory requirements for safe operation and nature protection is determined. Technical and organizational measures for the protection of man and the environment have been developed.*

**Keywords:** environmental protection; negative influence; emissions of pollutants; household waste; eco-friendly lighting.



В рамках выполнения выпускной квалификационной работы в качестве обязательного раздела входит раздел «Охрана окружающей среды». Актуальность данной темы крайне велика. «Охрана окружающей среды» - это установленная государством система взаимоотношений между природопользователями, органами государственного регулирования и экологического контроля. Нужно отметить, что само это понятие достаточно ново, если смотреть с позиции истории природопользования человечества. Состояние окружающей нас на Земле среды, прежде всего качество воздуха, вод и почв, с незапамятных времен тесно связано с человеческой деятельностью. Незначительные изменения среды, сначала в ограниченных по времени и площади масштабах, отмечались уже в те времена, когда наши предки основали первые постоянные поселения. Охрана окружающей среды предусматривает сохранение и восстановление природных ресурсов с целью предупреждения прямого и косвенного отрицательного воздействия результатов деятельности человека на природу и здоровье людей.

В условиях большого города влияние на человека природного компонента ослаблено, а действие антропогенных факторов, наоборот, резко усилено. Города, в которых на сравнительно небольших территориях концентрируется большое количество людей, автотранспорта и различных предприятий, являются центрами техногенного воздействия на природу. Газовые и пылевые выбросы, загрязнение водоемов сточными водами, коммунальные и бытовые отходы крупного города загрязняют окружающую среду разнообразными химическими элементами. Результаты экологических исследований однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду.

Загрязнение атмосферы в первую очередь влияет на сопротивляемость организма, результатом снижения которой становится повышенная заболеваемость, а также другие физиологические изменения организма. По сравнению с другими источниками химического загрязнения (пища, питьевая вода) атмосферный воздух представляет собой особую опасность, поскольку на его пути нет химического заслона, подобного печени при проникновении загрязняющих веществ через желудочно-кишечный тракт. Проблема защиты воздушной среды в зонах возведения и функционирования строительных комплексов от загрязнения связана со значительными расходами, поэтому требует комплексного научно – обоснованного подхода.

Проектируемый многоэтажный жилой дом со встроенными помещениями социально-бытового назначения на первом этаже расположен в Первомайском административном районе г. Пензы по ул. Пушанина.

Участок, выделенный под строительство, находится в непосредственной близости от города Спутник, в шаговой доступности ТРЦ Ритэйл, ТК Слава. Здание запроектировано с обязательным соблюдением норм по инсоляции помещений самого жилого здания и близлежащей застройки. Вход в жилую часть здания располагается с восточной стороны.



Генеральный план и планировка решены в увязке с существующей застройкой с учетом технологических требований производства, строительных, санитарных и противопожарных норм проектирования.

Въезд на территорию дома осуществляется со стороны ул.Пушанина и запроектирован круговым шириной 6,0 м для проезда пожарного транспорта.

Проектное решение вертикальной планировки выполнено в проектных красных горизонталях. Отвод поверхностных и талых вод осуществляется по внутренним проездам на проезжую часть ул. Пушанина, а также на пониженные участки рельефа местности и сбрасывается на грунт через разрывы в ограждении бордюрным камнем.

Для проектируемого многоэтажного жилого дома с помещениями социально-бытового назначения предусмотрены открытые автостоянки на 36 и подземная автостоянка на 65 легковых автомобилей. Схема организации представлена на рис. 1.

### **Выбросы от автомобильных стоянок**

Под стоянкой автомобилей понимается территория или помещение, предназначенные для хранения автомобилей в течение определенного периода времени. Автомобили могут размещаться:

- на обособленных открытых стоянках или в отдельно стоящих зданиях и сооружениях, имеющих непосредственный въезд и выезд на дороги общего пользования (рис. 1, схема 1);

- на открытых стоянках или в зданиях и сооружениях, не имеющих непосредственного въезда и выезда на дороги общего пользования и расположенных в границах объекта, для которого выполняется расчет (рис. 1, схема 2).

В проектируемом здании на первом этаже расположены встроенные помещения различного назначения, поэтому проектом предусмотрены две автомобильные стоянки.

Число автомобилей, принадлежащих жильцам многоквартирного дома, из расчета 40 машин на 100 человек: 65 шт.

Число автомобилей, принадлежащих работникам помещений общественного назначения, из расчета 50 машин на 100 человек: 13 шт.

Расчетное число автомобилей посетителей помещений общественного назначения из расчета 50 машин на 100 человек: 15 машин со средней сменяемостью каждые два часа.

Таким образом, предусмотрены стоянки: гостевая на 30 машиномест для работников и посетителей и подземная на 65 машиномест для проживающих в доме. Обе стоянки непосредственно связаны с дорогами общего пользования.

Расчет выброса загрязняющих веществ выполняется по пяти загрязняющим веществам: оксид углерода, оксид азота в пересчете на двуокись, диоксид серы, соединения свинца и углеводороды.

Стоянки предназначены в основном для парковки легковых автомобилей, относительно которых будет выполнен расчет.

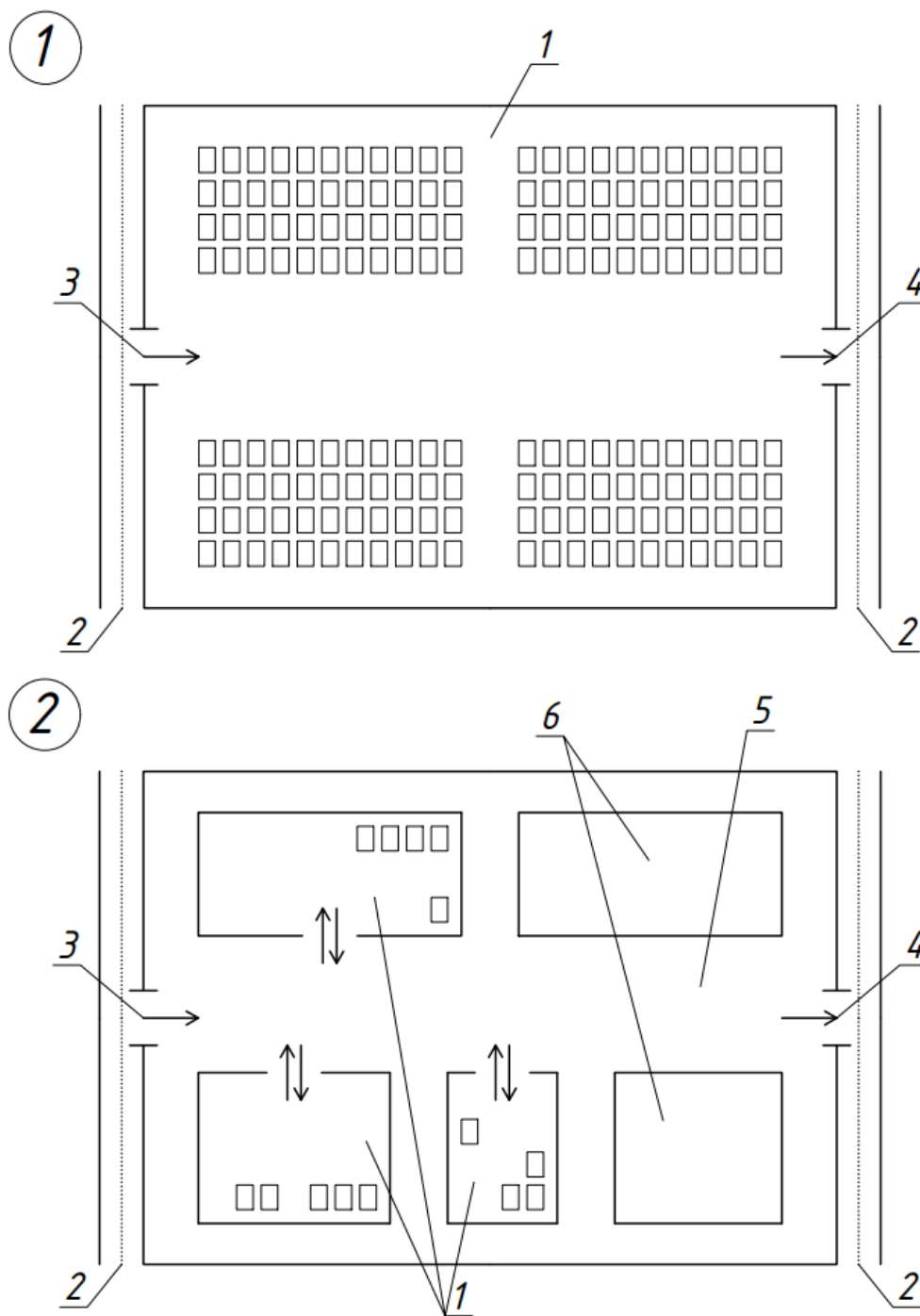


Рис.1. Варианты размещения стоянок:

- 1 – территория или помещение стоянки; 2 – дороги общего пользования;
- 3 – въезд на дороги общего пользования; 4 – выезд на дороги общего пользования;
- 5 – внутренние проезды; 6 – здания и сооружения, не предназначенные для стоянки автомобилей.

Выброс каждого вещества одним автомобилем каждой группы в день при выезде с территории или помещения стоянки  $M_1$  (г/день) и возврате  $M_2$  (г/день) рассчитывается по формулам:

$$M_1 = M_{\text{пр}} T_{\text{пр}} K_3 K_{\text{нтр.пр}} + M_L L_1 K_{\text{нтр}} + M_{\text{хх}} T_{\text{хх}} K_3 K_{\text{нтр}}$$

$$M_1 = M_L L_2 K_{\text{нтр}} + M_{\text{хх}} T_{\text{хх}} K_3 K_{\text{нтр}}$$

где

$M_{\text{пр}}$  – удельный выброс при прогреве двигателя (г/мин), принимаемый по прил.1 [1];

$T_{\text{пр}}$  – время прогрева двигателя (мин),  $T_{\text{пр}} = 5$ ;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий снижение выбросов при проведении экологического контроля,  $K_3 = 1$ ;

$K_{\text{нтр.пр}}$  – коэффициент, учитывающий снижение выброса при прогреве двигателя при установленном нейтрализаторе,  $K_{\text{нтр.пр}} = 1$ ;

$M_L$  – пробеговый удельный выброс (г/км), принимаемый по прил.1 [1];

$L_1 = \frac{L_{16} + L_{1д}}{2}$  – средний пробег при выезде со стоянки (км);

$K_{\text{нтр}}$  – коэффициент, учитывающий снижение выброса при пробеге и холостом ходе при установленном нейтрализаторе,  $K_{\text{нтр}} = 1$

$M_{\text{хх}}$  – удельный выброс автомобиля на холостом ходу (г/мин), принимаемый по прил.1 [1];

$T_{\text{хх}}$  – время работы двигателя на холостом ходу (мин),  $T_{\text{хх}} = 1$ ;

$L_1 = \frac{L_{16} + L_{1д}}{2}$  – средний пробег при въезде на стоянку (км).

Расстояние от ближайшего к выезду и въезду места стоянки – 0,002 км, расстояние от наиболее удаленного от выезда и въезда места стоянки – 0,06 км.

$$L_1 = L_2 = \frac{0,002 + 0,06}{2} = 0,031 \text{ км}$$

В сутки с обеих стоянок в сумме выезжает и въезжает на них 149 легковых автомобилей, из них:

1) 51 со средним объемом двигателя свыше 1,2 до 1,8 л. Для них выброс каждого вещества равен:

$$M_1(\text{CO}) = 4 \cdot 5 + 15,8 \cdot 0,031 + 3,5 \cdot 1 = 23,99 \text{ г/день};$$

$$M_2(\text{CO}) = 15,8 \cdot 0,031 + 3,5 \cdot 1 = 3,99 \text{ г/день};$$

$$M_1(\text{CH}) = 0,38 \cdot 5 + 1,6 \cdot 0,031 + 0,3 \cdot 1 = 2,25 \text{ г/день};$$

$$M_2(\text{CH}) = 1,6 \cdot 0,031 + 0,3 \cdot 1 = 0,35 \text{ г/день};$$

$$M_1(\text{NO}_x) = 0,03 \cdot 5 + 0,28 \cdot 0,031 + 0,03 \cdot 1 = 0,189 \text{ г/день};$$

$$M_2(\text{NO}_x) = 0,28 \cdot 0,031 + 0,03 \cdot 1 = 0,039 \text{ г/день};$$

$$M_1(\text{SO}_2) = 0,01 \cdot 5 + 0,06 \cdot 0,031 + 0,01 \cdot 1 = 0,062 \text{ г/день};$$

$$M_2(\text{SO}_2) = 0,06 \cdot 0,031 + 0,01 \cdot 1 = 0,012 \text{ г/день};$$

$$M_1(\text{Pb}) = 0,006 \cdot 5 + 0,028 \cdot 0,028 + 0,006 \cdot 1 = 0,037 \text{ г/день}$$

$$M_2(\text{Pb}) = 0,028 \cdot 0,031 + 0,006 \cdot 1 = 0,007 \text{ г/день};$$

2) 98 со средним объемом двигателя свыше 1,8 до 3,5 л. Для них выброс каждого вещества равен:

$$\begin{aligned}
 M_1(\text{CO}) &= 5 \cdot 5 + 17 \cdot 0,031 + 4,5 \cdot 1 = 30,027 \text{ г/день} \\
 M_2(\text{CO}) &= 17 \cdot 0,031 + 4,5 \cdot 1 = 5,027 \text{ г/день} \\
 M_1(\text{CH}) &= 0,65 \cdot 5 + 1,7 \cdot 0,031 + 0,4 \cdot 1 = 3,703 \text{ г/день} \\
 M_2(\text{CH}) &= 1,7 \cdot 0,031 + 0,4 \cdot 1 = 0,453 \text{ г/день} \\
 M_1(\text{NO}_x) &= 0,05 \cdot 5 + 0,4 \cdot 0,031 + 0,05 \cdot 1 = 0,312 \text{ г/день} \\
 M_2(\text{NO}_x) &= 0,4 \cdot 0,031 + 0,05 \cdot 1 = 0,062 \text{ г/день} \\
 M_1(\text{SO}_2) &= 0,013 \cdot 5 + 0,07 \cdot 0,031 + 0,012 \cdot 1 = 0,079 \text{ г/день} \\
 M_2(\text{SO}_2) &= 0,07 \cdot 0,031 + 0,012 \cdot 1 = 0,014 \text{ г/день} \\
 M_1(\text{Pb}) &= 0,007 \cdot 5 + 0,035 \cdot 0,031 + 0,007 \cdot 1 = 0,043 \text{ г/день} \\
 M_2(\text{Pb}) &= 0,035 \cdot 0,031 + 0,007 \cdot 1 = 0,008 \text{ г/день}
 \end{aligned}$$

Общий валовый выброс каждого вещества автомобилями (т/год) рассчитывается по формуле:

$$V = [(M_{1(1)} + M_{2(1)})N_1 + (M_{1(2)} + M_{2(2)})N_2]D_p \cdot 10^{-6}$$

$N_n$  – количество автомобилей каждой группы на территории или в помещении стоянки, выезжающих в течение суток за расчетный месяц;

$D_p$  – количество дней работы в году (247 дней в 2023 году).

$$\begin{aligned}
 V(\text{CO}) &= [(23,99 + 3,99) \cdot 51 + (30,027 + 5,027) \cdot 98] \cdot 247 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 1200,981 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V(\text{CH}) &= [(2,25 + 0,35) \cdot 51 + (3,703 + 0,453) \cdot 98] \cdot 247 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 1333,352 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V(\text{NO}_x) &= [(0,189 + 0,039) \cdot 51 + (0,312 + 0,062) \cdot 98] \cdot 247 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 11,925 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V(\text{SO}_2) &= [(0,062 + 0,012) \cdot 51 + (0,079 + 0,014) \cdot 98] \cdot 247 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 3,183 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V(\text{Pb}) &= [(0,037 + 0,007) \cdot 51 + (0,043 + 0,008) \cdot 98] \cdot 247 \cdot 10^{-6} = \\
 &= 1,789 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}
 \end{aligned}$$

Максимально разовый выброс всех веществ  $M$  (г/с) рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\sum(M_1 N')}{3600}$$

где  $N'$  – наибольшее количество автомобилей каждой группы, выезжающих со стоянки в течение 1 часа,  $N' = 51$ .

$$M = \frac{26,528 \cdot 17 + 34,164 \cdot 34}{3600} = \frac{450,976 + 1161,576}{3600} = 0,449 \text{ г/с}$$

Для уменьшения воздействия выбросов от автомобильных стоянок на окружающую среду предусмотрены мероприятия по зеленому экранированию, включающие в себя организацию зеленых насаждений по периметру проектируемого здания и парковок личного транспорта. Подобная защита обеспечивает задержку вредных веществ в пределах озелененной зоны и их последующую нейтрализацию посредством поглощения и переработки в качестве первичных продуктов фотосинтеза.

### **Сортировка отходов потребления (коммунально-бытовых)**

Возобновляемые в результате хозяйственных действий ресурсы (воздух, воды, почва) регулярно засоряются. Негативное влияние отходов на среду является следствием их неправильной обработки. Неубранные отходы также создают различные проблемы окружающей среде и здоровью населения.

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. Юридической основой для классификации ТКО в России служит Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО), который классифицирует отходы по происхождению, агрегатному состоянию и опасности.

ТКО в Российской Федерации представляют собой грубую механическую смесь самых разнообразных материалов и гниющих продуктов, отличающихся по физическим, химическим и механическим свойствам и размерам. ТКО перед их переработкой необходимо обязательно подвергнуть сепарации по группам, если таковая имеет смысл. Сортировка мусора может быть произведена на мусоросортировочных и мусороперерабатывающих заводах с применением специального оборудования.

Кроме этого, возможна предварительная сортировка мусора, основанная на разделении его по группам людьми перед непосредственной утилизацией в мусорные контейнеры. Основная цель сортировки – максимальное извлечение из всей массы ТКО компонентов, пригодных к вторичной переработке. К основным разновидностям такого вторичного сырья можно отнести макулатуру, резиновые изделия, пластик и полимеры, стеклотару, древесные отходы, цветные и черные металлы.

Селективный сбор ТКО позволяет не загрязнять остатками пищи материалы, пригодные к вторичной переработке, сохраняет перерабатываемые материалы в целостности и предохраняет от гниения и размножения бактерий.

Раздельный сбор мусора позволяет уменьшить негативное влияние на экологию.

Существуют рассчитанные на год нормы накопления коммунальных отходов на одного человека, на квадратный метр жилой площади или торговой площади магазина и т.д. В крупных городах на нормы накопления мусора, как

правило, влияют уровень развития легкой и пищевой промышленности, индустрии упаковочных материалов, климатическая зона и, конечно же, менталитет и благосостояние населения.

Среднегодовой норматив накопления мусора по Пензенской области составляет  $2,32 \frac{\text{м}^3}{\text{чел}}$  или  $289 \frac{\text{кг}}{\text{чел}}$ , согласно [2].

В проектируемом доме расчетное количество ТКО составило  $1,037 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$  ( $1037 \frac{\text{л}}{\text{сут}}$ ) со всех жилых помещений (2-10 этажи) и  $0,16 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$  ( $160 \frac{\text{л}}{\text{сут}}$ ) со всех помещений общественного назначения (1 этаж).

Сортировка ТКО с проектируемого здания будет осуществляться на 5 групп: бумага, картон; стекло; полимерные материалы; пищевые отходы; прочие отходы. Расчетное количество отходов каждой группы найдено исходя из процентного соотношения согласно [3, 4].

ТКО с помещений общественного назначения в полном объеме отнесены к группе прочих отходов, так как сортировка в условиях обслуживания посетителей затруднительна.

Расчетные объемы ТКО каждой группы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование группы	Доля от общего объема, %	Расчетный объем, $\frac{\text{л}}{\text{сут}}$
Бумага, картон	38,2	396
Стекло	4,4	46
Полимерные материалы	7,0	73
Пищевые отходы	28,6	297
Прочие отходы:		
- с жилых помещений	21,8	226
- со встроенных помещений	100	160

Объем мусоросборников должен соответствовать фактическому накоплению отходов в периоды наибольшего их образования.

При временном хранении отходов в дворовых сборниках должна быть исключена возможность их загнивания и разложения. Поэтому срок хранения в холодное время года (при температуре  $-5^\circ$  и ниже) должен быть не более трех суток, в теплое время (при плюсовой температуре свыше  $+5^\circ$ ) не более одних суток (ежедневный вывоз), согласно [5]. В каждом населенном пункте периодичность удаления твердых бытовых отходов согласовывается с местными учреждениями санитарно-эпидемиологической службы.

Проектом предусмотрен вывоз мусора не реже 1 раза в 2 дня в холодное время года и ежедневно в теплое время года.

Таким образом, среднесуточную норму накопления отходов следует умножить на 2 дня, в течение которых будет осуществлен вывоз мусора. Для различных групп отходов объем составил:

- стекло – 92 л;
- полимерные материалы – 146 л;
- пищевые отходы – 594 л;
- бумага, картон – 792 л;
- прочие отходы (в т.ч. несортируемые отходы встроенных помещений) – 772 л.

Объем контейнеров может быть различным и принимается в соответствии с расчетным объемом ТКО вместимостью от 120 до 1100 л. Таким образом, устанавливаем необходимый объем мусорных контейнеров:

- стекло – 240 л;
- полимерные материалы – 240 л;
- пищевые отходы – 770 л;
- бумага, картон – 770 л;
- прочие отходы (в т.ч. несортируемые отходы встроенных помещений) – 1100 л.

Размер площадок для размещения контейнеров должен быть рассчитан на установку их необходимого числа. На контейнерных площадках должно

Размер площадок для размещения контейнеров должен быть рассчитан на установку их необходимого числа. На контейнерных площадках должно размещаться не более восьми контейнеров для смешанного накопления ТКО или 12 контейнеров, из которых четыре - для раздельного накопления ТКО, и не более двух бункеров для накопления КГО.

Площадки для установки контейнеров удалены от жилых домов, детских учреждений, спортивных площадок и от мест отдыха населения на расстояние не менее 20 м, но не более 100 м.

Контейнерная площадка открытая, продуваемая, с навесом от дождя и снега (рис. 2); имеет свободный подъезд для мусоровозов и спецтехники; имеет прочное асфальтированное покрытие; с трех сторон имеет ограждения высотой 2 м; по периметру ограждения организованы зеленые насаждения.

Предусмотрено цветовое обозначение мусорных контейнеров по виду сортируемых в них отходов:

- стекло (240 л) - зеленый;
- полимерные материалы (пластмасса) (240 л) - оранжевый;
- пищевые отходы (770 л) - черный;
- бумага, картон (770 л) - синий;
- прочие отходы (в т.ч. несортируемые отходы встроенных помещений) (1100 л) - красный.



Рис. 2. Контейнерная площадка

### **Экологичное освещение**

Экологизация освещенности зданий предусматривает улучшение ввода естественного света в целях повышения освещенности и снижения расхода энергии. В проектируемом здании это достигается устройством специальных светоотражающих козырьков над окнами, которые в сочетании со светоотражающим потолком позволяют ввести дневной свет с отдаленные участки помещений (рис. 3).

Улучшение использования дневного света не только позволяет экономить электроэнергию, но и делает более благоприятными условия работы людей внутри здания.



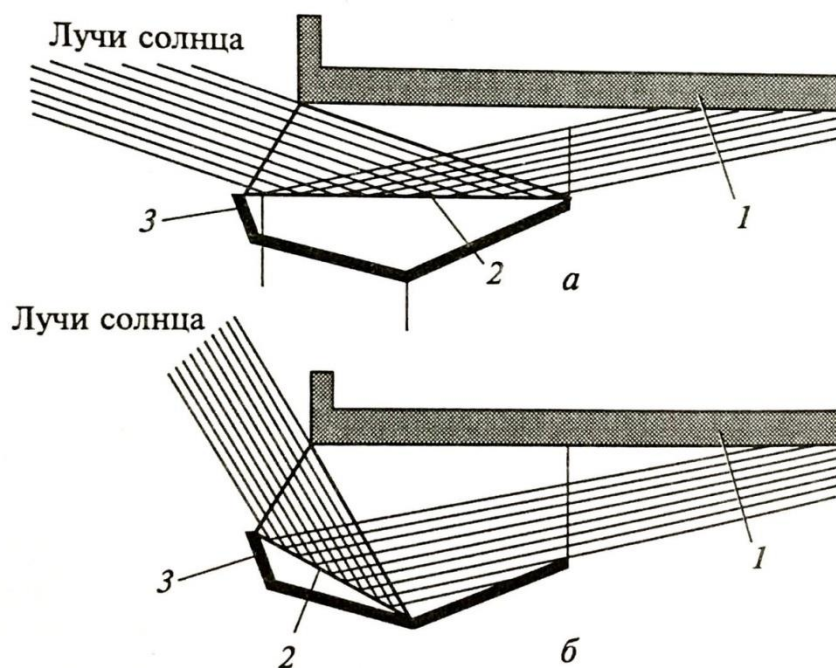


Рис. 3. Схемы вводы дополнительного дневного света вглубь здания в зимнее (а) и летнее (б) время года: 1 – светоотражающий потолок; 2 – трансформируемый рефлектор; 3 – козырек.

### Выводы:

То, что экологично, то в конечном итоге экономично и хорошо как для жителей, так и для города и окружающей среды.

Важнейшей задачей всей человеческой деятельности в условиях возникновения признаков экологического кризиса, роста антропогенно преобразованных территорий, вытеснения и отступления природы является сохранение устойчивой среды жизни на Земле.

В зданиях и других местах расселения надо предусматривать места для раздельного сбора твердых коммунальных отходов, сбора и утилизации пищевых биоотходов. Каждый дом следует снабжать разноцветными баками для раздельного сбора бумаги, стекла, металла, пластмассы, батареек и других отходов.

Выделение вредных веществ автомобильным транспортом необходимо минимизировать путем стимулирования развития общественного транспорта (в т.ч. электротранспорта), ограничения применения автомобилей, поощрения велотранспорта и пешеходного движения строительством велотрасс и пешеходных дорог, не имеющих пересечений с другими транспортными путями. Минимизировать вредное воздействие от автомобильных стоянок возможно путем их сосредоточенного размещения с дополнительным озеленением близлежащих зон, позволяющих в некоторой степени компенсировать экологическое загрязнение.

Естественные технологии (вентиляции, освещения, охлаждения, очистки и др.), не требующие затрат энергии, должны найти широкое применение в зданиях.

Результатом экологичного проектирования и строительства должны быть города и здания, сохраняющие и восстанавливающие среду жизни, находящиеся в динамическом равновесии с природной средой, гармонирующие с ней, положительно воспринимаемые органами чувств, оздоравливающие среду и повышающие качество жизни, сохраняющие и восстанавливающие природные ресурсы, не отторгаемые природными экосистемами, удовлетворяющие весь круг потребностей жителей. В итоге должна быть сохранена устойчивая управляемая среда жизни.

Для управления состоянием окружающей среды необходимо контролировать ее текущее состояние, изменения, чтобы предотвращать ухудшение качества, прогнозировать изменения и связанные с ними экологические последствия.

#### Список литературы:

1. Щепетова В.А. Экология городской среды. Практикум: учеб. пособие/В.А. Щепетова. - Пенза: ПГУАС, 2015. - 112 с.

2. Постановление правительства Пензенской области от 15 марта 2018 года N 133-пП «Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Пензенской области» (с изменениями на 24 февраля 2022 года). – 2022.

3. Постановление правительства Пензенской области от 15 декабря 2016 года N 630-пП «Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами на территории Пензенской области». - 2022.

4. Постановление правительства Пензенской области от 7 мая 2018 года N 265-пП «О внесении изменений в постановление правительства Пензенской области от 15.12.2016 N 630-пП». – 2022.

5. СанПиН 42-128-4690-88 Санитарные правила содержания территорий населенных мест. Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР, Заместителем министра здравоохранения СССР А.И. Кондрусевым 5 августа 1988 года, N 4690-88. – 2022.

**Радаев В.А., Есимкин М.А., Лукьянов Г.А., Саксонова Е.С., Хрянина О.В.**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ ВАРИАНТ УСТРОЙСТВА ИСКУССТВЕННОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ**

*Проведена оценка геолого - гидрогеологических условий и определены основные показатели инженерно-геологических свойств грунтов основания на участке строительства автомобильной дороги федерального значения. Проектируемый участок автомобильной дороги пересекает существующие полевые дороги. Для пропуска полевых дорог необходимо устройство искусственного сооружения. Выполнено технико-экономическое сравнение трех вариантов устройства: железобетонной водопропускной трубы, однопролётного путепровода и двухпролётного путепровода тоннельного типа. Проанализированы достоинства и недостатки каждого из рассмотренных вариантов сооружений. В качестве рекомендованного варианта предусмотрено устройство монолитной железобетонной трубы. Даны соответствующие выводы и рекомендации.*

**Ключевые слова:** инженерные сооружения, технико-экономическое сравнение, водопропускная труба.

**Radaev V.A., Yesimkin M.A., Lukyanov G.A., Hryanina O.V., Saksonova E.S.**  
Penza State University of Architecture and Construction  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **AN EFFECTIVE VARIANT OF THE DEVICE OF AN ARTIFICIAL STRUCTURE IN THE CONSTRUCTION OF A FEDERAL HIGHWAY**

*The assessment of geological and hydrogeological conditions was carried out and the main indicators of engineering and geological properties of the foundation soils on the construction site of the federal highway were determined. The projected section of the highway intersects existing field roads. For the passage of field roads, an artificial structure is necessary. A technical and economic comparison of three variants of the device was carried out: a reinforced concrete culvert, a single-span overpass and a two-span tunnel-type overpass. The advantages and disadvantages of each of the considered variants of structures are analyzed. As a recommended option, the device of a monolithic reinforced concrete pipe is provided. Relevant conclusions and recommendations are given.*

**Keywords:** engineering structures, technical and economic comparison, culvert.

Целью при строительстве участка федеральной трассы явилась разработка оптимально обоснованных в экономическом, технологическом и конструктивном плане решений. Рассматриваемый участок автомобильной дороги пересекает существующие полевые дороги. Для пропуска полевых дорог устраивается искусственное сооружение в створе с полевой дорогой

направления от села Сушки и других близлежащих населенных пунктов к железнодорожной платформе 270 км, направления Рязань-Сасово.

Участок строительства расположен в междуречье рек Прони и Пары (северной части Окско-Донской низменной равнины), в центральной части Русской равнины. В геоморфологическом плане проектируемый участок автодороги в целом расположен в пределах возвышенной поверхности с чередованием междуречных морено-лессовых плато и долинных понижений.

Автодорога проходит по эрозионно-аккумулятивной полого-наклонной поверхности второй, третьей и четвертой надпойменных террас р. Проня, расчлененной густой сетью мелких постоянных и временных водотоков.

Геологическое строение рассматриваемой территории характеризуется развитием современных техногенных и осадочных четвертичных отложений (табл.1) [1].

Таблица 1 - Инженерно-геологические условия участка строительства трассы

№ п/п	Геологический индекс	Наименование	Мощность, м
1	$t Q_{IV}$	Техногенные отложения (асфальтобетон, бетонная плита, щебень, песок)	2,0
2	$vd Q_{IV}$	почвенно-растительный слой, преимущественно супесчаный, местами суглинистый	0,3
3	$a Q_{IV}$	разнозернистые, местами глинистые пески с линзами суглинков и содержанием гравия до 3%	1,1÷2,0
4	$L, ep Q_{II-III}$	пылеватые суглинки с тонкими линзами песков	0,4÷1,1
5	$al-l Q_{II-III}$	песчаные суглинки и разнозернистые пески, с содержанием гравия до 1%	5,8
6	$a, f, lg Q_{II}$	разнозернистые пески и песчаные суглинки, с содержанием гравия до 1%.	2,5÷4,8
7	$f, lg Q_{II}$	разнозернистые пески и песчаные суглинки, с содержанием гравия до 2%.	6,0
8	$a, f Q_{I-II}$	песчаные суглинки и разнозернистые слабоглинистые пески, с содержанием гравия до 2-3%.	11,0
9	$K_I$	алевриты с включениями фосфоритов, гальки и гравия песчаников.	1,0÷3,0 местами до 8,0
10	$J_3$	пылеватые глины с остатками флоры и фауны.	вскрытая мощность более 7,5 м.

Подземные воды на участке изысканий вскрыты отдельными скважинами на глубинах 0,6-6,4 м от поверхности земли. Подъем уровня подземных вод связан с инфильтрацией атмосферных осадков в период интенсивного снеготаяния и в период прохождения ливневых осадков лета и осени, может достигать 0,5 м. Подземные воды, в основном обладают гидрокарбонатным кальциевым составом, кислой и щелочной реакцией и являются преимущественно умеренно жесткими и жесткими, местами слабоагрессивны

по отношению к бетону, в открытом водоеме и для напорных сооружений, слабоагрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании и среднеагрессивны к металлическим конструкциям.

На участке изысканий нормативная глубина промерзания для песчаных грунтов составляет 1,59 м, а для глинистых грунтов – 1,30 м. Согласно норм расчетная глубина промерзания песчаных грунтов не превышает 1,74 м, а глинистых – 1,43 м. Глубина заложения фундаментов инженерных сооружений должна быть не менее расчетной глубины промерзания грунтов.

### **Сравнение вариантов решения**

#### **Вариант №1.**

В качестве рекомендованного варианта предусмотрено устройство монолитной железобетонной трубы, длиной 46,2 м. Согласно [2, 3] габарит принят 6,0х4,5 м в свету. Ось проектируемого сооружения расположена под углом 90° к оси проектируемой автодороги технической категории IV. Труба запроектирована под нагрузку H14, изготавливается из тяжелого бетона класса B30, F300, W6.

Фундамент трубы принят на естественном основании. Несущим слоем является супесь. Фундаментная плита из монолитного бетона класса B25, F300, W6 толщиной 0,4 м устраивается на уплотненной щебеночной подушке толщиной 1,0 м. Дно котлована уплотняется тяжелыми катками.

На входе и выходе из трубы устраиваются монолитные железобетонные оголовки. Оголовки изготавливаются из тяжелого бетона класса B30, F300, W6. Оголовок состоит из монолитной порталной стенки и открылков. Открылки расположены под углом в 20° относительно продольной оси сооружения.

В трубе устраивается ездое полотно. Полотно состоит из двухслойного асфальтобетонного покрытия толщиной 70 мм, защитного слоя толщиной 40-80 мм и гидроизоляции оклеечного типа толщиной 5,5 мм. Отвод воды из трубы осуществляется за счет поперечного двухскатного уклона величиной 20‰ и продольного уклона величиной 5‰. По бортам вдоль трубы устраиваются штрабы с заполнением битумной мастикой.

Поверхности трубы, соприкасающиеся с грунтом, покрываются двухслойной битумной гидроизоляцией оклеечного типа. Поверх гидроизоляции устанавливаются защитные стенки из асбестоцементных плит [4]. На перекрытии устраивается защитный слой толщиной 6 см из бетона B25, F300, W6. Фундаменты и оголовки трубы, соприкасающиеся с грунтом, покрываются битумной мастикой за два раза. Видимые поверхности трубы и оголовков покрываются краской ПХВ в два слоя.

С целью обеспечения сохранности конструкции и изоляции трубы, производится засыпка ее грунтом на высоту 0,5 м над верхом трубы сразу после окончания ее сооружения. Засыпка производится песчано-гравийной смесью одновременно с обеих сторон слоями толщиной 15-20 см с тщательным послойным уплотнением. Уклон конуса засыпки должен быть не круче 1:5.

Укрепления трубы запроектированы применительно типовому проекту [5]. Укрепление откосов насыпи на входе и выходе трубы выполнено из монолитного бетона класса B20, F200, W6 толщиной 8 см по слою щебня 10 см.

Согласно [3] полевая дорога укрепляется на 10 м на входе и выходе. Конструкция дорожной одежды на входе и выходе из трубы выполнена из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 5 см, щебня толщиной 25 см и слоя песка толщиной 60 см.

На конусах насыпи проектируемой автодороги на входе и выходе трубы предусмотрены лестничные сходы высотой  $h=6,0$  м. Фундаменты лестничных сходов выполнены из бетона класса В20, F200, W6.

Безопасность движения автотранспорта по участку автодороги в соответствии с [6] достигается установкой на разделительной полосе металлического оцинкованного барьерного ограждения удерживающей способности и ограждения устанавливаемого у бровок дороги удерживающей способности уровня. Установка дорожного ограждения принята как для дорог 1В технической категории.

К достоинствам данного варианта относится:

- наименьшая по сравнению с представленными вариантами стоимость СМР.

- сокращение сроков СМР относительно вариантов №3 и №2;
- устройство естественного основания;
- отсутствие разрывов в проезжей части дороги.

К недостаткам можно отнести:

- изготовление индивидуальной опалубки;
- устройство большего котлована по сравнению с вариантами №3 и №2.

### **Вариант №2**

В данном варианте рассмотрена однопролётная схема путепровода 1,0х21,0 м. Длина балки 21,0 м обеспечивает горизонтальный габарит 6,0 м и вертикальный габарит 4,5 м для пропуска полевых дорог, в соответствии со [3]. Пролетное строение состоит из железобетонных предварительно напряженных балок длиной 21,0 м. Пролетное строение запроектировано под габарит проезжей части в соответствии с [7] для дорог категории 1В.

Крайние опоры запроектированы стоечного типа на свайном основании. Диаметр стойки принят 0,8 м. По верху стойки объединены железобетонным ригелем. Фундамент состоит из монолитного железобетонного ростверка на свайном основании. Сваи мостовые железобетонные призматического сечением 0,35 м × 0,35 м.

Крайние опоры и выполнены из монолитного железобетона.

К достоинствам варианта относится:

- применение типовых балочных сборных конструкций;

- устройство минимального котлована по сравнению с вариантами №1 и №3;

- меньшая по сравнению с вариантом №3 стоимость строительномонтажных работ.

К недостаткам относится:

- большая, по сравнению с вариантом № 1, стоимость строительномонтажных работ;

- устройство свайного основания;

- устройство разрывов проезжей части дороги.

### Вариант №3

В данном варианте рассмотрена двух пролетная схема путепровода тоннельного типа 1x7,5 м. Длина балки 7,5 м обеспечивает горизонтальный габарит 6,0 м и вертикальный габарит 4,5 м для пропуска полевых дорог, в соответствии с [3]. Пролетное строение из железобетонных каркасных балок, длиной 7,5 м.

Крайние опоры путепровода запроектированы в виде обратных стенок. Фундамент опор на свайном основании. Сваи мостовые железобетонные призматические сечением 0,35 м × 0,35 м.

Для поддержания откосов насыпи, в сочетании с крайними опорами сооружаются подпорные стены. Фундамент подпорных стен на свайном основании.

Крайние, промежуточные опоры и подпорные стенки выполнены из монолитного железобетона.

К достоинствам варианта относится:

- сокращение длины пролетного строения на 13 м по сравнению с вариантом №2;
- применение типовых балочных сборных конструкций.

К недостаткам относится:

- большая, по сравнению с вариантом №1 и №2 стоимость строительно-монтажных работ;
- устройство свайного основания;
- устройство разрывов проезжей части дороги.

Ниже в табл. 2 приведено технико-экономическое сравнение рассмотренных вариантов путепровода.

Таблица 2 - Технико-экономическое сравнение вариантов путепровода

№ п/п	Наименование	Вариант I	Вариант II	Вариант III
1	2	3	4	5
1	Схема сооружения, м	Труба 6x4,5м	Путепровод 1x21,0	Путепровод 1x7,5
2	Длина сооружения, м	46,2	26,1	45,76
3	Сравнительная стоимость СМР, тыс.руб. в ценах 2000 г, м <sup>2</sup>	5,74	12,80	9,80
4	Всего Сравнительная стоимость СМР, тыс.руб. в ценах 2000 г, м <sup>2</sup>	<b>1933,3</b>	2836,2	2855,1

**Вывод:** На основании технико-экономического сравнения вариантов проектом предусматривается сооружение монолитной железобетонной трубы длиной 46,2 м, на естественном основании.

Список литературы:

1. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Астафьев М.В. Инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений Пензенского региона // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберігающих технологий: материалы IV Международной науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014. С. 53-56.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изм. N 1, 2, 3). Дата введения 2011-05-20.
3. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\* (с Изм. N 1). Дата введения 2011-05-20.
4. ГОСТ 18124-2012 Листы хризотилцементные плоские. Технические условия (с Изм. N 1). Дата введения 2013-07-01.
5. Серия 2337. Шифр 2337. Укрепления русел, конусов и откосов насыпи у малых и средних мостов и водопропускных труб. Типовая серия (Проектная документация) от 08 августа 2012 года №2337.
6. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изм. 1, 2, 3). Дата введения 2006-01-01.
7. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Дата введения 2008-01-01.



**Радаев В.А., Есимкин М.А., Лукьянов Г.А., Хрянина О.В., Саксонова Е.С.**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

*Авторами на конкретном примере выполнено обоснование состояния автомобильной дороги общего пользования. Методический подход обследования состояния автомобильной дороги общего пользования и дорожной одежды предусматривает на первом этапе визуальный осмотр дороги и выявление участков с видимыми дефектами существующего земляного полотна и дорожной одежды. На втором этапе осуществлялось вскрытие шурфами асфальтового полотна в местах наиболее видимых повреждений с целью отбора образцов дорожной одежды и последующего анализа. В результате проведенного анализа представленных материалов было выявлено, что на сегодняшний день асфальтобетонное покрытие обследованной автомобильной дороги не обеспечивает нормативные транспортно-эксплуатационные характеристики, установленные для данного типа покрытия. Выявлены причины возникновения деформаций дорожной одежды и земляного полотна. Даны рекомендации по устранению причин деформаций и усилению покрытия. Для обеспечения безопасности дорожного движения и сокращения дорожно-транспортных происшествий, необходимо провести ремонт данной автомобильной дороги общего пользования.*

**Ключевые слова:** *обследование, транспортно-эксплуатационные показатели, обоснование, дорожное покрытие, асфальтобетонное покрытие, слои усиления покрытия, ремонт.*

**Radaev V.A., Yesimkin M.A., Lukyanov G.A., Hryanina O.V., Saksonova E.S.**  
Penza State University of Architecture and Construction  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **INSPECTION OF THE TRANSPORT AND OPERATIONAL CONDITION OF THE PUBLIC HIGHWAY**

*The authors, using a specific example, substantiated the state of a public highway. The methodological approach to surveying the state of a public highway and pavement involves, at the first stage, a visual inspection of the road and identification of areas with visible defects in the existing subgrade and pavement. At the second stage, the asphalt roadbed was opened with pits in the places of the most visible damage in order to select pavement samples and subsequent analysis. As a result of the analysis of the presented materials, it was revealed that today the asphalt concrete pavement of the surveyed highway does not provide the normative transport and operational characteristics established for this type of pavement. The reasons for the occurrence of deformations of the road pavement and subgrade are revealed. Recommendations are given to eliminate the causes of deformations and to strengthen the coating. To ensure traffic safety and reduce traffic accidents, it is necessary to repair this public highway.*

**Key words:** *inspection, transport and operational indicators, justification, road surface, asphalt concrete pavement, layers of pavement reinforcement, repair.*

Техническое и эксплуатационное состояние автомобильных дорог зависит от принятых при проектировании расчетных нагрузок для данной категории дорог общего пользования. Большинство существующих автомобильных дорог в Пензенской области запроектированы и построены более десяти-двадцати лет назад. В настоящее время значительно увеличился трафик и грузоподъемность автотранспорта, плотность потока. Соответственно многократно возросла нагрузка на дорожное покрытие и земляное полотно [1, 2, 3].

При воздействии осевых нагрузок выше сверхнормативных на дорогу происходят изменения в худшую сторону состояния дорожной одежды. Как следствие этого возникает необходимость преждевременной реставрации и ремонта дорожной одежды, а иногда и существующего земляного полотна [4-7]. Основным в решении данной проблемы являются улучшения геометрических параметров, обеспечение двухскатного поперечного профиля, ровности дороги, сцепных качеств покрытий и пр. [8, 9, 10].

Повышение прочности и несущей способности автодорог до соответствующего современным условиям эксплуатации требует ощутимых для заказчика трудозатрат и капиталовложений.

**Цель исследования.** В данной статье рассматриваются изменения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги общего пользования и дорожной одежды с возможностью обоснования и учета указанных изменений при проектировании, эксплуатации и ремонте на практическом примере.

Основанием для проведения данной работы явились рекомендации государственного казенного учреждения «Управление строительства и дорожного хозяйства Пензенской области». Исследуемый участок дороги протяженностью 1,5 км административно принадлежит г. Каменка Каменского района Пензенской области.

**Основные задачи:**

-определение транспортно-эксплуатационных показателей состояния покрытия автомобильных дорог – ровности дорожного покрытия, обеспечение двухскатного поперечного профиля на прямых участках дороги и односкатного на участках закруглений со значением радиуса 2000 м и менее.

-определение уровня безопасности земляного полотна и дорожной одежды, её работоспособности и противодействия автотранспортным нагрузкам по окончании межремонтного периода.

Известно, что нормативы устанавливают периодическую ревизию технических параметров автодорог. При измерении расчетной интенсивности, скорости и категории дороги нормы определяют срок равный 20 годам. При выборе типа дорожного покрытия и показателя её прочности время обоснования равно от десяти до 18 лет.

В нашем случае, на время выполнения исследований, данная дорога эксплуатируется на протяжении 12 лет, от даты единственного ремонта проведенного в 2007 г. В ходе автоэксплуатационного периода времени

ежегодно проводились комплексные работы по сезонному уходу и содержанию автодороги.

Участок автодороги состоит из основной дороги 1,582 км проходящей по ул. Гражданская и ул. Производственная. Имеет 13 съездов в улицы. Основная дорога совмещает две полосы движения по три метра каждая и грунтовые обочины шириной до трех метров (рис.1).

Основные транспортные артерии, расположенные в районе тяготения ремонтируемого участка дороги: Куйбышевская железная дорога, автомобильные дороги «г.Каменка – пгт.Пачелма» и «г.Тамбов – г.Пенза».

По дороге в транспортном потоке движутся машины различной грузоподъемности и с различной скоростью. Чем более интенсивное движение транспорта в потоке, тем выше требования к техническому и эксплуатационному состоянию дороги. Основное назначение обследуемой дороги: обеспечение культурных и экономических связей внутри г. Каменка, а также, для обслуживания производственных и транспортных нужд для: завода «Белинсксельмаш», ОАО «Атмис-сахар», ООО «Каменка Мясо», ОАО «Хлебозавод «Каменский», ППО ГУП "Каменский семенной завод", ООО "Белинскстрой Риэлти", ООО «Строймаш».

### **Методы и материалы**

На первом этапе экспертного обследования выполнен визуальный осмотр дороги и выявлены участки с видимыми дефектами существующего земляного полотна (просадки) и дорожной одежды (трещины, выбоины и т.д.). Проведен анализ представленных материалов для экспертизы (рис.1).

На втором этапе осуществлялось вскрытие асфальтового полотна в местах наиболее видимых вышеперечисленных повреждений с целью отбора образцов дорожной одежды.

При обследовании состояния дорожной одежды были устроены шурфы и изъяты образцы керна для дальнейшего анализа (рис.2).



Рис. 1. Участок автодороги общего пользования ПК 0+50 по ул. Гражданская-  
Производственная



Рис. 2. Фотофиксация шурфа №1 на участке дороги ПК 0+50

Шурф №1 (рис. 2) диаметром 180 мм устроен на ПК0+50 слева по ходу пикетажа.



Рис.3. Участок автодороги общего пользования ПК 8+30 по ул. Гражданская-Производственная





Рис.4. Фотофиксация шурфа №2 на участке дороги ПК 8+30

Шурф №2 (рис. 3, 4) диаметром 200 мм устроен на ПК8+30 слева по ходу пикетажа.



Рис.5. Участок автодороги общего пользования ПК 15+80 по ул. Гражданская-Производственная



Рис.6. Фотофиксация шурфа №3 на участке дороги ПК 15+80

Шурф № 3 (рис.5, 6) диаметром 180 мм устроен на ПК15+80 слева по ходу пикетажа.

Материалы образцов дорожной одежды для дальнейших исследований и оценки представлены в таблице.

Таблица 1 - Материалы образцов дорожной одежды для исследований

№ шурфа	Диаметр шурфа, мм	толщина нижнего слоя асфальтобетона, мм	толщина верхнего слоя асфальтобетона, мм	толщина основания из щебня, мм
1	180	70	70	150
2	200	60	70	120
3	180	70	70	410

В местах отбора образцов керна № 1, 2, 3 основание из щебня соответствует фракции 40÷70 мм на всю толщину слоя 120 ÷ 410 мм, уплотнений по методу заклинки.

Результаты исследований и оценки состояния автомобильных дорог являются предпроектными материалами и информационной базой для разработки в установленном порядке проектов ремонта, капитального ремонта и содержания эксплуатируемых дорог в соответствии с [11].

### **Результаты исследования**

На основании визуального осмотра и материалов обследования участка автомобильной дороги общего пользования: улиц Гражданская–Производственная в городе Каменка Каменского района Пензенской области выявлено следующее:

- тип существующего покрытия – усовершенствованный облегченный;
- вид покрытия – асфальтобетон;
- обочины грунтовые – укрепление засевом трав.

Определены геометрические параметры:

- ширина земляного полотна – 12,0 м;
- ширина проезжей части – 6,0 м;
- ширина – обочин – 3,0 м.

Согласно замерам ширина существующей проезжей части колеблется в пределах  $5,92 \div 6,50$  м, что соответствует требованиям ГОСТ [12], с учетом допусков регламентируемых нормами [13].

Визуально выявлены такие дефекты асфальтобетонного покрытия как:

- трещины с раскрытием до 1,5 см;
- нарушение поперечного уклона;
- колеи по полосам движения.

В ходе исследования выявлено, что основание из щебня находится в удовлетворительном состоянии, ремонт не требуется.

### **Основные выводы и рекомендации**

Асфальтобетонное покрытие обследованной автомобильной дороги не обеспечивает нормативные транспортно–эксплуатационные характеристики, установленные для данного типа покрытия. Геометрические показатели дороги соответствуют требованиям [14, 15]. Фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия не требуется.

В изъятых образцах кернов из шурфов № 1, 2, 3 материалы не соответствуют данным паспортизации и требованиям [16] к асфальтобетонным покрытиям облегченного усовершенствованного типа при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

В результате анализа данных обследования для обеспечения безопасности дорожного движения и сокращения дорожно-транспортных происшествий, необходимо провести ремонт автомобильной дороги общего пользования: улиц Гражданская–Производственная в городе Каменка Каменского района Пензенской области, протяженностью 1,5 км.

На основании выше изложенного следует при разработке проектно-сметной документации предусмотреть:

1. укладку выравнивающего слоя асфальтобетонного покрытия с обеспечением двухскатного профиля асфальтобетонной смесью марки II типа В согласно требованиям [17].

2. устройство слоя усиления покрытия из горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси марки II типа В согласно требованиям [16] Н-0,05 м.

3. укрепление существующих обочин на ширину 1,0 м щебнем М400 фракции 20-40 мм согласно требованиям [18], Н-0,11 м.

#### **Заключение.**

Авторами на конкретном примере выполнено обоснование состояния автомобильной дороги общего пользования. Выявлены дефекты асфальтобетонного покрытия и существующего земляного полотна. Даны рекомендации по устранению причин деформаций и усилению покрытия.

Так как от качества дорожной одежды и земляного полотна зависит безопасность движения на дорогах, то необходимо предъявлять новые повышенные требования к транспортно-эксплуатационным показателям автомобильных дорог при проектировании, строительстве и эксплуатации. Необходимо помнить, что за годы эксплуатации в дорожных конструкциях накапливаются усталостные и резко возрастают остаточные деформации, дороги физически изнашиваются и устаревают. Техническое состояние автомобильных дорог должно соответствовать современным требованиям норм.

#### **Список литературы:**

1. Jaksic V., Keane J., O'Sullivan A. Effect of Road Surface, Vehicle, and Device Characteristics on Energy Harvesting from Bridge-Vehicle Interactions. *Computeraided civil and infrastructure engineering*. 2016. No. 12. Pp. 921-935.

2. Paulus H., Schick J., Poirier JE., Assessment of dynamic surface leaching of monolithic surface road materials. *Journal of environmental management*. 2016. No. 176. Pp. 79-85.

3. Chandra S., Mehar A., Velmurugan S. Effect of Traffic Composition on Capacity of Multilane Highways. *Ksce journal of civil engineering*. 2016. No. 20. Pp. 2033-2040.

4. Бажанов А.П., Саксонова Е.С. Теоретические положения обеспечения надежности автомобильных дорог. *Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование*. 2018. № 2 (7). С. 26-31.

5. Новик В.А., Бельский Е.И., Эксплуатационные свойства автомобильных дорог // *Alfabuild*. 2018. №1 (3). С. 65-75.

6. Есипенко И. А., Колмогоров Г. Л. Оценка надежности нежестких дорожных одежд // *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2012. №1. С. 110-118.

7. Шатманов О.Т. Анализ причин образования трещин асфальтобетонных покрытий // *Вестник КГУСТА*. 2012. №4. С.123-128.

8. Efimenko S., Efimenko V., Sukhorukov A. Assurance of the operational reliability of transport systems via the account of natural-climatic conditions. *AIP Conference Proceedings*. 2016. Vol. 1772.

9. Романова Е.В., Матвиенко Ф.В., Гузненко С.А., Волков В.В. Влияние изменения региональных эксплуатационных периодов на образование дефектов дорожной одежды // *Научный вестник Воронежского государственного*



архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. №2. С. 112-119.

10. Саксонова Е.С. Пути повышения работоспособности автомобильных дорог в России // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2016. С. 42-46.

11. Приказ от 16 ноября 2012 года N 402 Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог (с изменениями на 13 ноября 2018 года).

12. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками). - М: ФГУП «Стандартинформ», 2012. Дата введения 2018-06-01\*.

13. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изм. N 1). Дата введения 2013-07-01.

14. ГОСТ Р 52399-2005. «Геометрические элементы автомобильных дорог» - М: ФГУП «Стандартинформ», 2006. Дата введения 2006-05-01.

15. ГОСТ 33383-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Методы определения параметров. Дата введения 2016-09-08.

16. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Дата введения 2001-01-01.

17. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. Дата введения 2014-11-01.

18. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4).

**Радаев В.А., Есимкин М.А., Круглова М.А., Хрянина О.В.,  
Пегова Е.Е.**

ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, кафедра ГДС,  
ГАПОУ ПО Пензенский колледж архитектуры и строительства  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ЖИЛОГО ДОМА ТИПА «КОЛИВИНГ» ГОРОД ИННОПОЛИС, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН**

*В работе исследуется вопрос по выбору оптимального варианта фундаментов под жилой дом. Учитывая сложный характер напластования грунтов, существенное различие физико-механических характеристик грунтов, высокий уровень грунтовых вод и значительные нагрузки на фундаменты, наиболее надежным вариантом следует считать свайные фундаменты. Рассмотрены два варианта фундаментов: сваи в пробитых скважинах с уширением, устраиваемые по технологии фундаментов в вытрамбованных котлованах, и забивные призматические сваи. Проведено технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов. Разработка и внедрение в качестве основного варианта фундамента из призматических свай, в данных грунтовых условиях, позволило получить положительный экономический эффект в 860 тыс. рублей применительно к конкретному объекту.*

**Ключевые слова:** оптимальный вариант фундамента, сваи в пробитых скважинах с уширением, технология фундаментов в вытрамбованных котлованах, призматические сваи, экономический эффект.

**Radaev V.A., Yesimkin M.A., Kruglova M.A., Khryanina O.V.,  
Pegova E.E.**

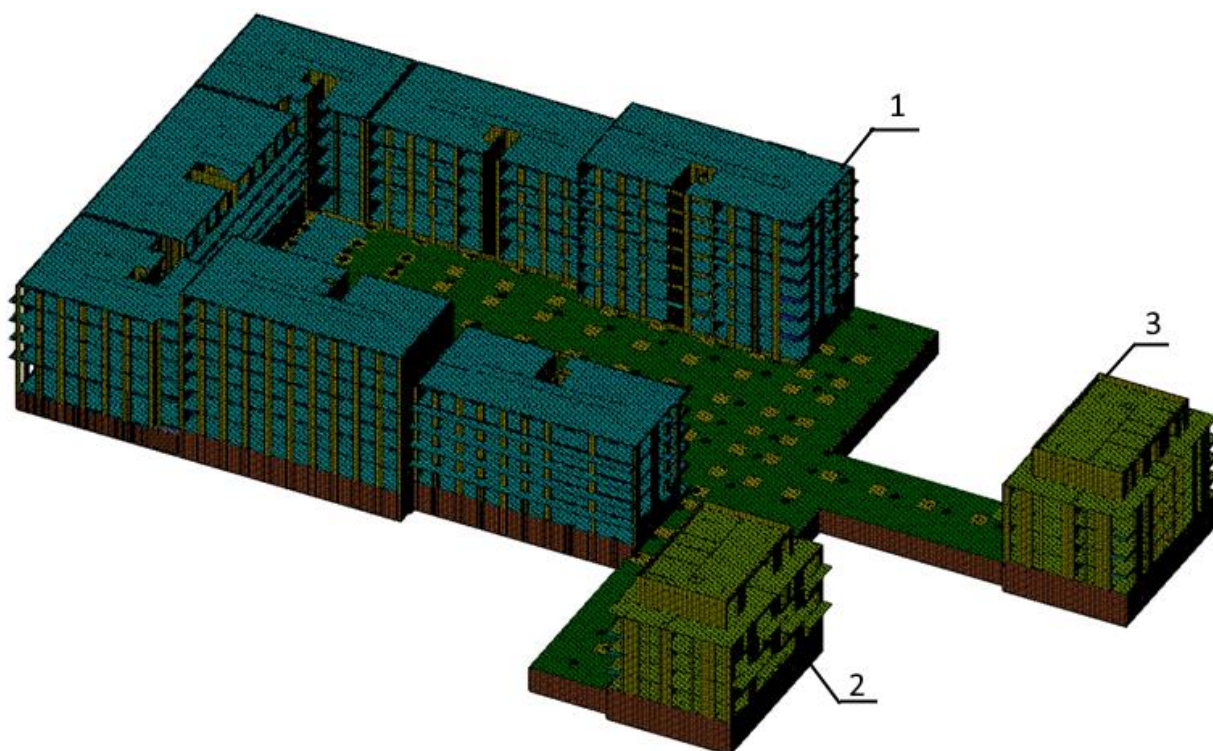
Penza State University of Architecture and Construction,  
NAPOU PO Penza College of Architecture and Construction  
e-mail: olgahryanina@mail.ru

## **EFFICIENT SOLUTION FOR THE FOUNDATIONS OF A COLIVING HOUSE IN INNOPOLIS, THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

*The paper investigates the issue of choosing the optimal option for foundations for a residential building. Given the complex nature of soil stratification, a significant difference in the physical and mechanical characteristics of the layers, a high level of groundwater and significant loads on foundations. The most reliable option should be considered pile foundations. Two variants of foundations are considered: piles in punched wells with widening, arranged according to the technology of foundations in tamped pits, and driven prismatic piles. A feasibility study of the foundation options has been carried out. The development and implementation of prismatic piles as the main foundation option, in these soil conditions, made it possible to obtain a positive economic effect of 860 thousand rubles in relation to a specific object.*

**Keywords:** optimal foundation option, piles in punched wells with widening, technology of foundations in compacted pits, prismatic piles, economic effect.

В настоящей работе исследуется вопрос по выбору оптимального варианта фундаментов под жилой дом. В конструктивном отношении проектируемое здание представляет собой – отдельно-стоящий односекционный корпус №2 объединенный подземной автостоянкой с П-образным 7-ми секционным корпусом №1 и отдельно-стоящим односекционным корпусом №3 (рис. 1). Комплекс - переменной этажности, состоящий из 5 и 7 этажных секций. Подземная автостоянка расположена под внутриворотовым пространством.



*Рис.1. Общий вид жилого комплекса*

Конструктивная схема - монолитный безригельный каркас. Основными конструктивными элементами, обеспечивающими жесткость и устойчивость каркаса в целом, являются ядра жесткости, расположенные в лестнично-лифтовых узлах в каждой секции в монолитных ж/б конструкциях.

Инженерно-геологические условия участка проектирования относятся к III категории сложности. По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий толща грунтов до разведанной глубины 23 м является неоднородной, в ее пределах выделяются до семи инженерно-геологических элементов (ИГЭ), представленных насыпными грунтами, суглинками, известняком, глиной и песчаником, перекрытые почвенно-растительным слоем (рис.2).

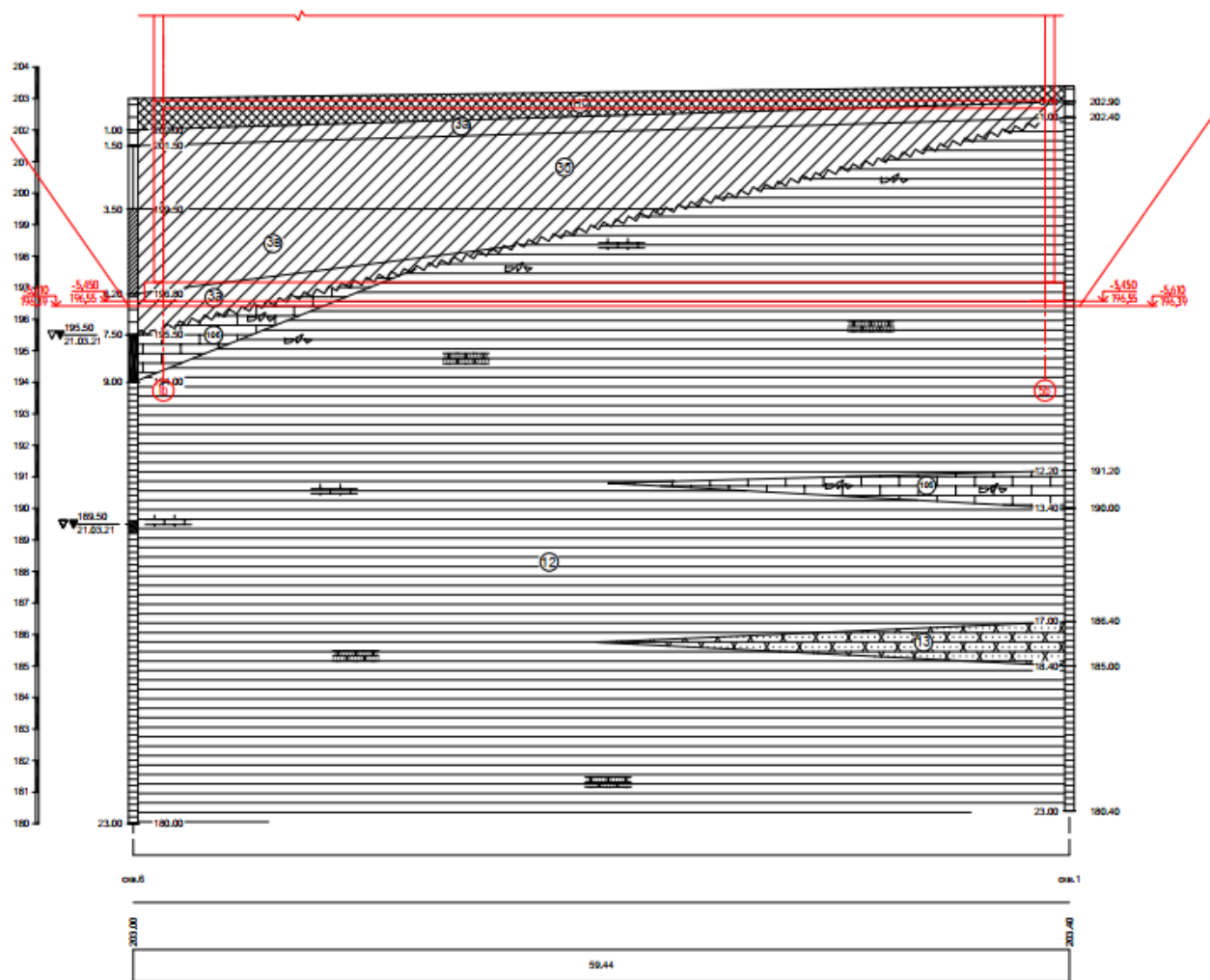


Рис. 2. Характерный инженерно-геологический разрез площадки строительства

Напластования грунтов и их физико-механические показатели, необходимые для расчета представлены в таблице 1.

Подземные воды на площадке изысканий представлены четвертичным и пермским водоносными горизонтами и вскрыты практически во всех скважинах.

Четвертичный водоносный горизонт характеризуется локальным (спорадическим) распространением и вскрыт на глубинах 5,5-8,5 м (191,02-194,87 м). Этот горизонт относится к типу «верховодка». Источником питания верховодки является инфильтрация атмосферных осадков и талых вод. Водовмещающими грунтами являются суглинки. Так же следует отметить возможность образования «верховодки» и в других частях площадки изысканий. Пермский водоносный горизонт вскрыт на глубинах 8,0-18,2 м (абсолютные отметки 185,50-195,34 м), установление зафиксировано на тех же глубинах и отметках.

Источником питания подземных вод являются атмосферные осадки и весеннее снеготаяние. Разгрузка подземных вод происходит в овражно-балочную сеть и в долины рек.

Таблица 1 - Сводная таблица показателей грунтов основания

ИГЭ	Название	Модуль деформации E, МПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Удельное сцепление $c$ , кПа	Показатель $I_L$ , д.с.	Плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Плотность сухого грунта $\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>	Коэффициент пористости $e$ , д.с.
	Почвенно-растительный слой	-	-	-	-	-	-	-
НС	Насыпной грунт	26,9	17	86	0,05	1,99	1,66	0,64
3а	Суглинок твердый, полутвердый непросадочный	28,7	23	14	0,01	1,98	1,65	0,64
3б	Суглинок тугопластичный непросадочный	11,5	9	17	0,45	1,94	1,55	0,78
3в	Суглинок твердый, полутвердый непросадочный	8,6	9	16	0,63	1,97	1,56	0,74
10б	Известняк маловлажный выветрелый	30,8	38	15	0,07	2	1,61	0,71
12	Глина твердая, полутвердая непросадочная	81,2	16	78	-0,08	1,98	1,60	0,73
13	Песчаник тонкозернистый	37,4	19	77	0,3	2,03	1,68	0,61

Четвертичный водоносный горизонт характеризуется локальным (спорадическим) распространением и вскрыт на глубинах 5,5-8,5 м (191,02-194,87 м). Этот горизонт относится к типу «верховодка». Источником питания верховодки является инфильтрация атмосферных осадков и талых вод. Водовмещающими грунтами являются суглинки. Так же следует отметить возможность образования «верховодки» и в других частях площадки изысканий. Пермский водоносный горизонт вскрыт на глубинах 8,0-18,2 м (абсолютные отметки 185,50-195,34 м), установление зафиксировано на тех же глубинах и отметках.

Источником питания подземных вод являются атмосферные осадки и весеннее снеготаяние. Разгрузка подземных вод происходит в овражно-балочную сеть и в долины рек.

Рельеф участка сложный, с перепадом высот, в границах участка проектирования с юго-западной стороны максимальная абсолютная отметка рельефа достигает 204,75, с северной стороны минимальная отметка уровня земли достигает 199,38.

На участке изысканий площадки в пределах исследованного до глубины 23,0 м разреза выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ) и расчетные грунтовые элементы (РГЭ):

ИГЭ-1: Насыпной грунт суглинистый коричнево-красный, красно-коричневый, темно-серый, неравномерно слежавшийся. Распространены повсеместно при незначительной мощности 0,3 – 4,5 м.

ИГЭ-2: Суглинок. Мощность – 4,0 м.

ИГЭ-3: Глина полупластичная красно-коричневая. Мощность – 15,0 м.

По категории сложности инженерно-геологических условий строительная площадка относится к III категории (сложная), согласно СП 47.13330.2016.

Негативными и опасными природными факторами на площадке изысканий являются:

- наличие специфических грунтов (техногенных, элювиальных и набухающих);
- потенциальное подтопление территории;
- морозная пучинистость грунтов;
- агрессивность подземных вод к металлическим конструкциям и конструкциям из углеродистой стали;

### Сбор нагрузок на фундаменты

Следует собрать нагрузку на грузовые площадки. Для расчета следует выделить грузовые площадки в характерных участках (рис. 3). Сбор нагрузок выполнен и сведен в таблицу 2.

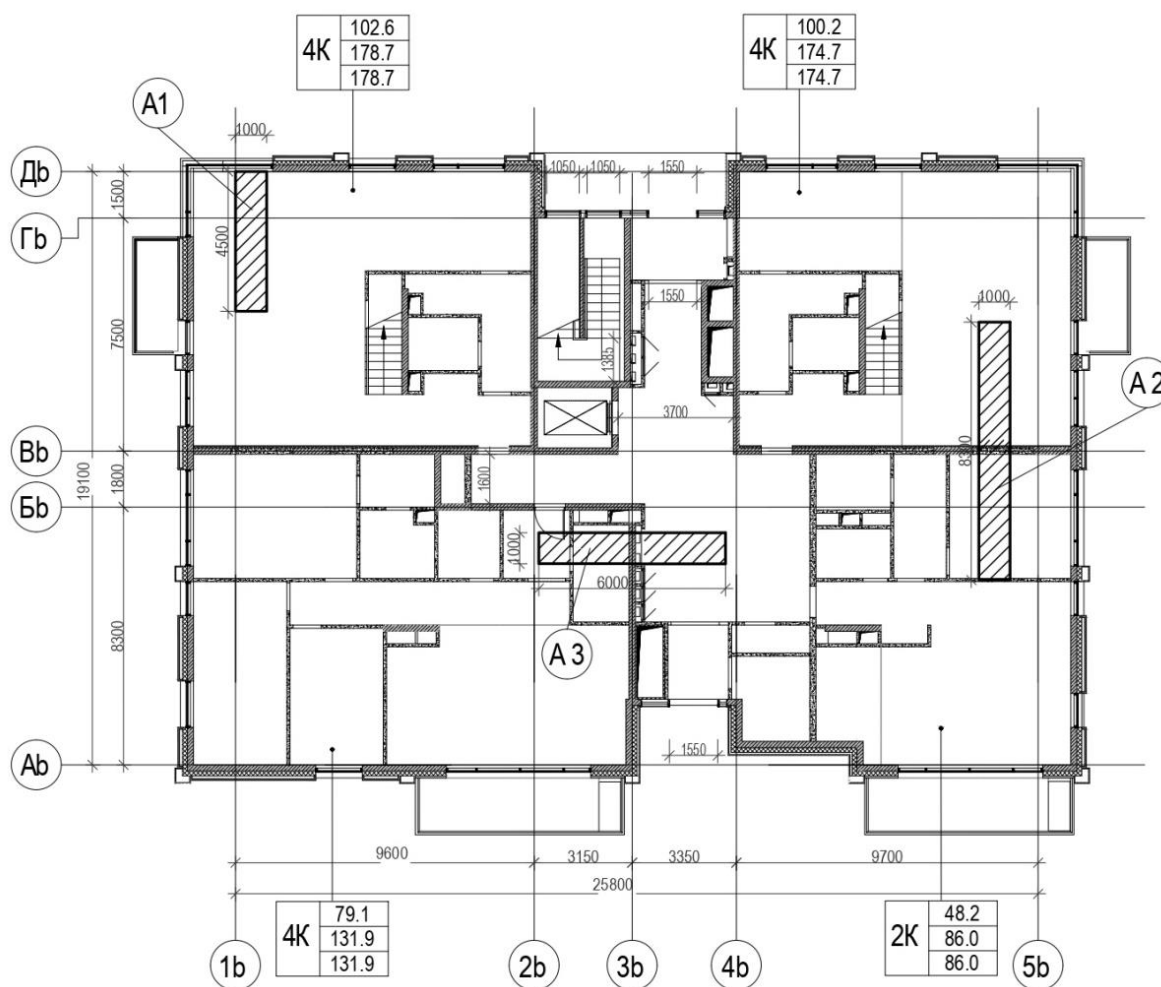


Рис. 3. Грузовые площадки

Таблица 2 – Сбор нагрузок

№ п/п	Вид нагрузок	Ед. изм.	$\gamma_n$	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>	
				N <sub>II</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>II</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>II</sub>	N <sub>I</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	От стен и перегородок	кН/мп	1,2	90	135	122	146	97	116
2	От междуэтажных перекрытий и полов	кН	1,3	180	234	382	496	240	312
3	От кровли	кН	1,3	43	56	78	101	56	73
4	От снеговой	кН	1,4	9	13	17	24	12	17
5	От полезной нагрузки	кН	1,3	7	9	12	16	9	12
	$\Sigma$			292	375	602	783	389	500

### Расчёт и проектирование свай принудительного погружения

Для вычисления несущей способности сваи составим расчётную схему (рис.4, табл.4).

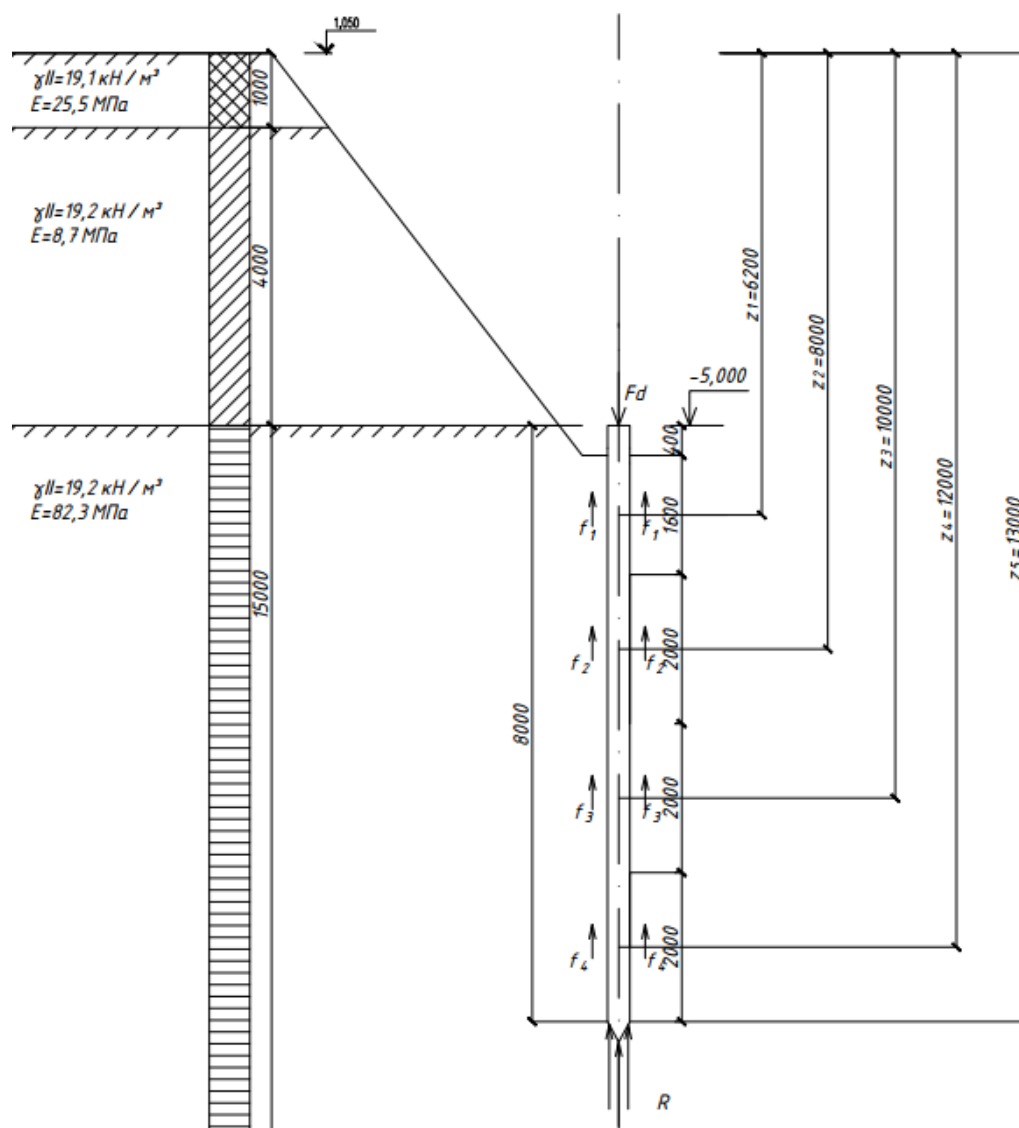


Рис. 4. Расчётная схема сваи принудительного погружения

Таблица 3 – К определению несущей способности сваи

№ точки	Глубина точки $z_i$ , м	Мощность условного слоя $h_i$ , м	Расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности сваи $f_i$ , кПа
1	6,2	1,6	30
2	8,0	2	31,6
3	10	2	32,6
4	12	2	34
5	13	2	$R = 2542$

Несущая способность сваи определяется как:

$$F_d = \gamma_c (RA\gamma_{ск} + u \sum_{i=z}^n f_i h_i \gamma_{cf})$$

где  $\gamma_c = 1$  – коэффициент условий работы сваи в грунте;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;

$A$  – площадь опирания на грунт сваи,  $m^2$ , принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто;

$\gamma_{ск} = 1$  – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи;

$u$  – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cf} = 1$  – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи.

Таким образом, несущая способность сваи:

$$F_d = 1(2542 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot 1 + 0,3 \cdot 4 \cdot (30 \cdot 1,6 + 31,6 \cdot 2 + 32,6 \cdot 2 + 34 \cdot 2 + 65 \cdot 0,8 \cdot 1) \cdot 1) = 985,6 \text{ кН.}$$

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю исходит из несущей способности сваи и определяется по формуле:

$$N_{p.d.} = \frac{F_d}{\gamma_{c,g}\gamma_n}$$



где  $F_d$  – несущая способность свай;

$\gamma_{c,g}$  – коэффициент надежности по грунту, принимаемы равным 1,25- если несущая способность свай определена расчетом с применением таблиц свода правил, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта;

$\gamma_n = 1$  – коэффициент надежности по ответственности сооружения.

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю:

$$N_{p.d.} = \frac{985,6}{1,25 \cdot 1} = 788 \text{ кН}$$

Длина забивной сваи под стены здания подбирается из условия шага свай под стены здания:

$$c \geq \frac{N_{p.d.}}{N_I + Q_{p-ка}},$$

где  $N_{p.d.}$  – расчётно-допускаемая нагрузка на сваю;

$N_I$  – расчётная нагрузка на сваю от наземных конструкций;

$Q_{p-ка}$  – вес ростверка;

$$Q_{p-ка} = bh\rho * 1\text{м. п.} = 0,5 \text{ м} * 0,3 \text{ м} * 25 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} * 1\text{м. п.} = 3,75 \text{ кН.}$$

Шаг свай под стены здания:

$$c = \frac{788}{783 + 3,75} = 1 \text{ м,}$$

при этом  $3d = 0,9 < c = 1,2 < 6d = 1,8$ .

$$N \leq N_{p.d.}$$

где  $N$ – нагрузка передаваемая на сваю;

$$N = \frac{N_I + Q_{p-ка}}{n}.$$

$n$  – количество свай в ряду

$$N = \frac{783 + 3,75}{1} = 786,75$$

$$N = 786\text{кН} \leq N_{p.d.} = 788\text{кН}$$

Расчет осадки забивной одиночной сваи не производится т. к, в процессе погружения последней под острием формируется уплотненная область грунта. В указанной области модуль деформации грунта увеличивается в 3÷4 раза. Поэтому для одиночных свай осадки реализуются, главным образом, в зоне уплотнения и поэтому незначительны, что позволяет не делать расчет.

### Расчёт и проектирование свай в пробитых скважинах

Сваи в пробитых скважинах устраиваются по технологии фундаментов в вытрамбованных котлованах.

Подбор размеров данной сваи заключается в нахождении её диаметров нижней и верхней части наклонной грани, где учитывается угол наклона боковой грани, а также в нахождении диаметра уширения под свайей.

Задаёмся величиной диаметра нижней части грани  $d_n = 0,5$  м. Тогда диаметр верхней части находится как:

$$d_b = d_n + 2 \cdot i \cdot l_2,$$

где  $i$  – наклон боковой грани;

$l_2$  – проекция длины наклонной грани.

$$d_b = 0,4 + 2 \cdot 0,025 \cdot 4 = 0,5 \text{ м.}$$

Диаметр уширения принимается  $D_y = 2d_n = 2 \cdot 0,4 = 0,8$  м.

Находим несущую способность сваи по формуле:

$$F_d = \gamma_c \left( \gamma_R R_y A_y + \gamma_f \sum (l_1 f_i u_1) \right),$$

где  $\gamma_c = 1$  – коэффициент условий работы сваи в грунте;

$$\gamma_R = 1;$$

$R_y$  – расчётное сопротивление грунта под уширением, кПа;

$A_y$  – площадь уширения, м<sup>2</sup>;

$$\gamma_f = 1;$$

$l_1$  – длина ненаклонной грани сваи, м;

$f_i$  – расчётное сопротивление грунта вдоль боковых граней, принимаемое по таблице как для призматических свай, кПа;

$u_1$  – периметр ненаклонной грани, м;

$E_k = \frac{E}{4}$  – компрессионный модуль деформации, кПа;

$\zeta_R = 0,8$  – реологический коэффициент;

$k$  – коэффициент, зависящий от вида грунта;

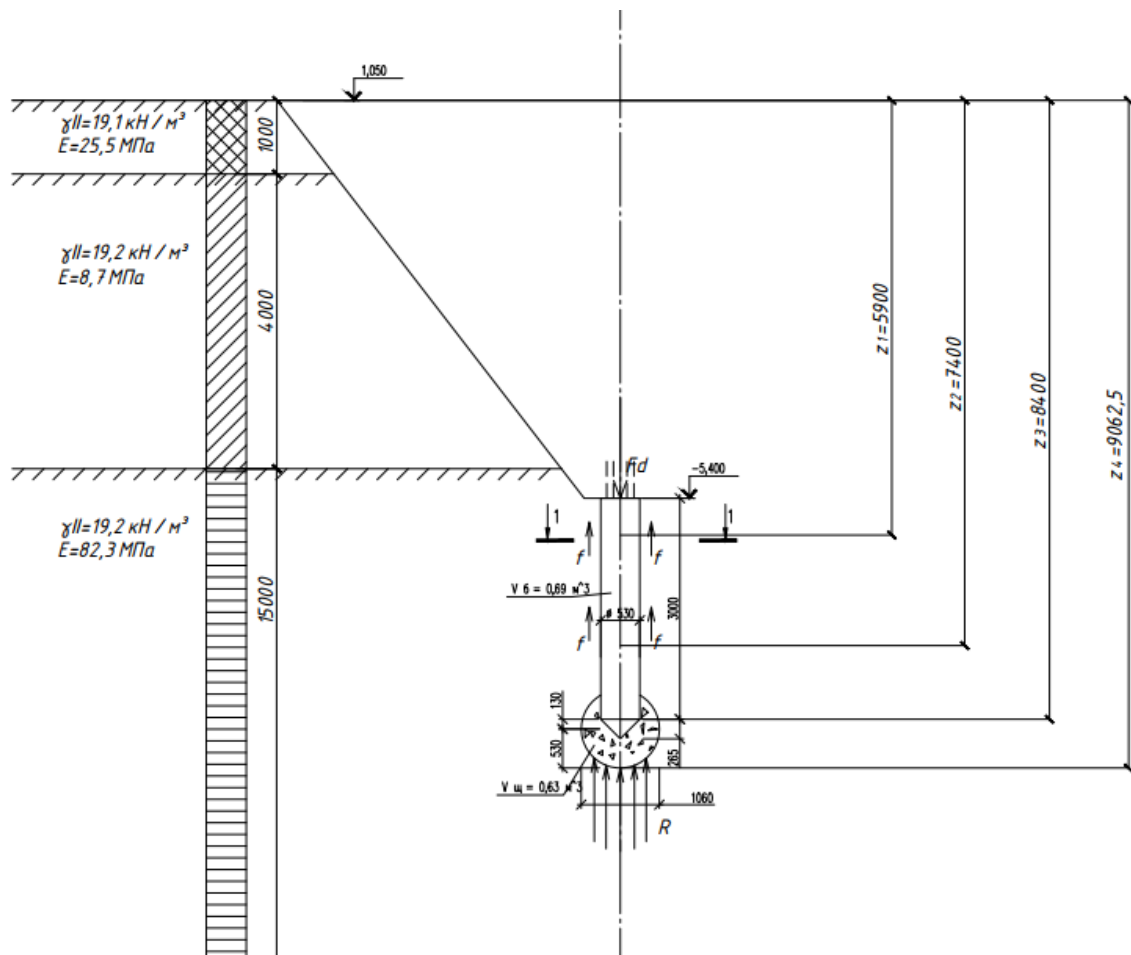


Рис. 5. Расчётная схема свай СПС

Таблица 4 - К определению несущей способности свай

№ точки	Глубина точки $z_i$ , М	Расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности свай $f_i$ , кПа
1	5900	28,9
2	7,4	30,7
4	9,063	$R_y = 2134$

$$f_H = 30,7 + 20,575 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,025 = 31,07 \text{ кПа};$$

Определяем несущую способность:

$$F_d = 1(1 \cdot 2134 \cdot 0,5 + 1(1 \cdot 28,9 \cdot 1,57 + 2 \cdot 31,07 \cdot 1,42)) = 2025 \text{ кН.}$$

Шаг свай определяется по формуле:

$$c \geq \frac{N_{p.d.}}{N_I + Q_{p-ка}},$$

где  $N_{p.d.}$  – расчётно-допускаемая нагрузка на сваю;

$N_I$  – расчётная нагрузка на сваю от наземных конструкций;

$Q_{p-ка}$  – вес ростверка;

при этом  $3d_B = 1,5 < c < 6d_B = 3$ . Также расстояние между осями свай должно быть  $\geq 1$  м.

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю:

$$N_{p.d.} = \frac{F_d}{\gamma_{c,g}\gamma_n} = \frac{2025}{1 * 1,25} = 1687 \text{ кН.}$$

Вес ростверка:

$$Q_{p-ка} = bh\rho * 1 \text{ м. п.} = 0,7 * 0,5 * 25 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} * 1 \text{ м. п.} = 8,75 \text{ кН.}$$

где  $b = d_B + 0,2 = 0,5 + 0,2 = 0,7$  м – ширина ростверка;

Шаг свай:

$$c = \frac{1687}{783 + 8,75} = 2,13 \text{ м.}$$

$$3d_B = 1,5 < 2 < 6d_B = 3.$$

### Расчёт осадки

Расчёт осадки ведётся на примере наиболее нагруженного фундамента с учётом расчётной нагрузки, принятой с коэффициентом перегрузки, равным 1.

Нагрузка на фундамент составит:

$$N = N_{II} + Q_{p-ка} = 602 + 8,75 = 611 \text{ кН.}$$

Расчёт сводится к определению осадки фундамента с площадью подошвы:

$$A_y = \frac{\pi D_y^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ м}^2.$$

Давление под подошвой фундамента:

$$P_y = \frac{N}{A_y} = \frac{602}{2} = 301 \text{ кПа.}$$

Разбиваем грунтовую толщу на слои  $h_i \leq 0,4D_y = 0,4 * 1,6 = 0,64 \text{ м.}$

Слои, природное и дополнительное давление, нижняя граница сжимаемой толщи, геометрия сваи показаны на рис.6.

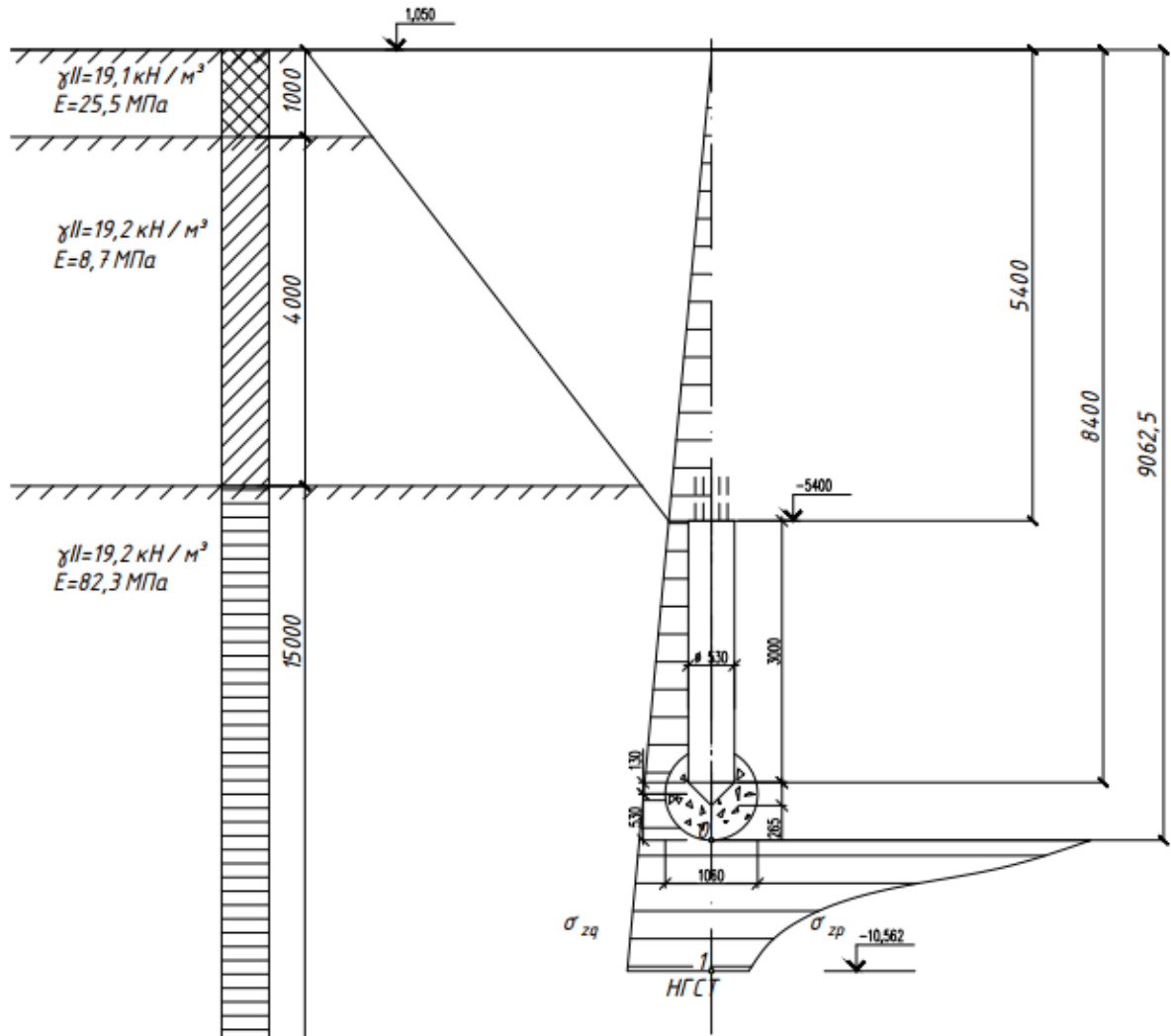


Рис. 6. К расчёту осадки свайных фундаментов

Определяем природное давление в характерных точках:

$$\sigma_{zqi} = \sum \gamma_{II} h_i.$$

Определяем дополнительное давление в уровне подошвы фундамента:

$$\sigma_{zpo} = P_0 = P_y - \sigma_{zq0} = 301 - 164 = 137 \text{ кПа.}$$

Определяем дополнительное давление в характерных точках:

$$\sigma_{zpi} = P_0 \alpha,$$

где  $\alpha$  – безразмерный коэффициент, зависящий от геометрических параметров фундамента и глубины нахождения точки, определяемый по табл. 5.8 [3].

Расчёт осадки сводится в табличную форму (табл.5).

Таблица 5 - Расчёт осадки методом послойного суммирования

№	z	$\xi=2z/D_y$	$\alpha$	$\sigma_{zq}$	$\sigma_{zp}$	$\sigma_i$	E	$h_i$
	м			кПа				м
0	0	0	1	164	137	98	82300	0,3
1	0,6	1,5	0,429	176	59			

Расчёт осадки ведётся в пределах сжимаемой толщи. Определяем нижнюю границу сжимаемой толщи (НГСТ):

Если  $E < 7$  МПа, условие НГСТ:  $\sigma_{zp} \leq 0,2\sigma_{zq}$ ;

Если  $E \geq 7$  МПа, условие НГСТ:  $\sigma_{zp} \leq 0,5\sigma_{zq}$ .

Таким образом, НГСТ находится в точке под номером 5.

Расчёт осадки ведётся методом послойного суммирования:

$$S = \beta \sum \frac{\sigma_i h_i}{E_i}$$

где  $\beta = 0,8$ ;

$\sigma_i$  – дополнительное давление в середине слоя.

Расчёт осадки ведётся из условия, что  $S \leq S_u$ , где  $S_u$  – предельно допустимая осадка, зависящая от конструктивных особенностей надземной части здания.

В данном случае  $S_u = 10$  см. Учитываем, что модуль деформации основания в зоне уширения равен 20 МПа.

$$S = 0,8 \left( \frac{0,6 \cdot 98}{82300} \right) = 0,00056 \text{ м} = 0,06 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}.$$

Условие выполняется, следовательно, осадка здания находится в пределах допустимых норм.

## Проектирование ростверка

Общая нагрузка на ростверк составит:  $q = 783 \frac{\text{кН}}{\text{мп}}$ .

Требуется подобрать армирование монолитного ростверка под несущую стену здания. Монолитный ростверк выполняется из бетона класса В20 W6 F150 и армируется каркасами, выполненными из арматуры класса А500. Высота ростверка 300 мм, ширина – 500 мм. Сваи забивные с Ø300 мм.

Расчет ростверка выполняется как расчет многопролетной балки на упругом основании, находящейся под действием сосредоточенных сил (реакций свай).

Момент инерции сечения ростверка:

$$I_p = \frac{b_p h_p^3}{12} = \frac{0,5 * 0,3^3}{12} = 0,0113 \text{ м}^4$$

где  $b_p$  – ширина ростверка, м;

$h_p$  – высота ростверка, м.

Модуль упругости материала ростверка  $E_p = 27,0 \cdot 10^3$  (бетон В20).

Модуль упругости материала конструкции, опирающейся на ростверк  $E_k = 16,0 \cdot 10^3$  МПа. Ширина конструкции, опирающейся на ростверк  $b_k = 0,3$  м.

Длина полуоснования эпюры нагрузки:

$$a = 3,14 \sqrt[3]{\frac{E_p I_p}{E_k b_k}} = 3,14 \sqrt[3]{\frac{27,0 * 10^3 * 0,0113}{16,0 * 10^3 * 0,3}} = 0,82 \text{ м.}$$

Расстояние между сваями в свету при шаге свай 0,901 м:  $L_{св} = 0,9 - 0,3 = 0,6$  м.

Расчетный пролет ростверка:  $L_p = 1,05 L_{св} = 1,05 * 0,6 = 0,63$  м.

Так как  $L_{св}/2 = 0,3$  м <  $a = 0,82$  м, то опорный и пролетный моменты определяются по формулам:

$$M_{оп} = \frac{-q_0 a (2L_p - a)}{12} = \frac{-783 * 0,82 (2 * 0,63 - 0,82)}{12} = -23,54 \text{ кНм.}$$

$$M_{пр} = \frac{q_0}{24} \left[ 2(6L_p^2 - 4aL_p + a^2) + \frac{L_p^3 (L_p - 6a)}{a^2} \right] =$$
$$= \frac{783}{24} \left[ 2(6 * 0,63^2 - 4 * 0,6 * 0,63 + 0,82^2) + \frac{0,63^3 (0,63 - 6 * 0,82)}{0,82^2} \right]$$
$$= 8,35 \text{ кНм.}$$

Поперечная сила определяется по формуле:

$$Q = \frac{q_0 L_p}{2} = \frac{783 * 0,63}{2} = 246,645 \text{ кН.}$$

Определим площадь сечения арматуры нижней зоны ростверка. Защитный слой бетона принимаем равным 60 мм. Тогда  $h_0 = 600 - 60 = 540$  мм.

$$\alpha_m = \frac{M_{пр}}{R_b b h_0^2} = \frac{8,35}{11,5 * 1000 * 0,5 * 0,3^2} = 0,016 \rightarrow \xi_1 = 0,988.$$

Требуемую площадь сечения растянутой арматуры определяем по формуле:

$$A_s = \frac{M_{пр}}{R_s \xi_1 h_0} = \frac{8,35}{435 * 1000 * 0,988 * 0,3} = 0,0000648 \text{ м}^2 = 0,648 \text{ см}^2$$

Принимаем арматуру 4Ø5A500 ( $A_s = 0,79 \text{ см}^2$ ).

Определим площадь сечения арматуры верхней зоны ростверка. Защитный слой бетона принимаем  $a' = 60$  мм. Тогда  $h_0 = 600 - 60 = 540$  мм.

$$\alpha_m = \frac{M_{оп}}{R_b b h_0^2} = \frac{23,54}{11,5 * 1000 * 0,5 * 0,3^2} = -0,045 \rightarrow \xi_1 = 0,988.$$

Требуемую площадь сечения растянутой арматуры определяем по формуле:

$$A_s = \frac{M_{оп}}{R_s \xi_1 h_0} = \frac{23,54}{435 * 1000 * 0,988 * 0,3} = 0,000182 \text{ м}^2 = 1,82 \text{ см}^2$$

Принимаем арматуру 2Ø12A500 ( $A_s = 2,26 \text{ см}^2$ ). Проверим необходимость постановки поперечной арматуры согласно условию:

$$Q \leq Q_{b,min}$$

где  $Q = 162,28$  кН - расчетная поперечная сила на опоре;

$$Q_{b,min} = 0,5 R_{bt} b h_0 = 0,5 * 0,9 * 1000 * 0,5 * 0,3 = 67,5 \text{ кН.}$$

Так как условие не выполняется –  $Q = 162,28 \text{ кН} \geq Q_{b,min} = 67,5 \text{ кН}$ , то необходим расчёт хомутов  $Q_{sw} = Q - Q_{b,min} = 162,28 - 67,5 = 94,78 \text{ кН}$ .



$$q_{sw} = \frac{Q_{sw}}{h_0} = \frac{94,78}{0,3} = 315,9 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$A_{sw} = \frac{q_{sw} S}{R_{sw} n} = \frac{315,9 * 0,2}{300 * 1000 * 4} = 0,0000526 \text{ м}^2 = 0,53 \text{ см}^2.$$



Примем поперечную арматуру Ø6A500,  $A_{sw} = 0,57 \text{ см}^2$  с шагом  $S = 200$  мм.

### Технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов

Таблица 6 – Расчёт сметной стоимости возведения каждого типа фундамента

Вид фундамента	Наименование работ	Объём, м <sup>3</sup>	Стоимость за единицу, р/м <sup>3</sup>	Общая стоимость
Фундаменты на забивных сваях	Отрывка котлована до отметки низа ростверка	2591 =577·2+472·2+493	300	77730
	Устройство фундаментов из забивных свай	236 =154·0,3·0,3·8	14000	1542240
	Устройство монолитных ростверков	35 =86,45·0,4	14000	490000
Итого=				2109970
Фундаменты в СПС	Отрывка котлована с обратной засыпкой	2591 =577·2+472·2+493	300	77730
	Устройство монолитного тела свай	115 =0,53·3· 72	17000	1955000
	Втрамбовка щебня	45=0,62·72	10000	450000
	Устройство монолитных ростверков	35 =86,45·0,4	14000	490000
Итого=				2972730

Таблица 7 - Технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов

Вариант	Эскиз	V, м <sup>3</sup>	Сметная стоимость узел, тыс.руб * м	Общая сметная стоимость тыс.руб.	Экономическая эффективность
Сваи в пробитых скважинах		0,66	41	2972	0%
Свая забивная		0,72	13,7	2109	30% (860 тыс. руб.)

Критерием сравнения экономической эффективности является минимум приведенных затрат. Определена сметная стоимость двух видов фундаментов по укрупненным расценкам, последние включают стоимость материалов, эксплуатации машин и механизмов, а также трудозатраты.

Для данного здания с заданными грунтами наиболее экономически эффективный фундамент на забивных сваях стоимостью 2109970 р.

До массового устройства свайного поля предусматривается проведение статических испытаний десяти свай. По две сваи для каждого характерного геологического разреза в пределах пятна проекции здания.

#### Список литературы:

1. Глухов В.С, Хрянина О.В., Глухова М.В. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск, 2011. № 5-2. С. 351а-354.
2. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч.1-6. ЦИТП, Госстрой, АПП, 1997 г. Актуализация 05.05.2017.
3. СП 22.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений. Введен в действие с 17 июня 2017 г.
4. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
5. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Дата введения 2011-05-20.

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ  
С УЧЕТОМ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции  
12-13 мая 2022 г.

В авторской редакции

Ответственный за выпуск

Верстка

П.К. Гаврилов

П.К. Гаврилов

Подписано в печать 6.12.2022. Формат 60×84/16  
Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 3,43. Электронный вариант.  
Заказ №444

---

Издательство ПГУАС  
440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, 28