

Список использованных источников

1. Общие положения по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений : СП 5.01.01-2023 / Строительные правила Республики Беларусь. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2023. – 150 с.
2. Влияние отдельных факторов на величину осадки проектируемых фундаментов / П. С. Пойта, П. В. Шведовский, Д. И. Клебанюк, А. А. Четырбок // Вестник БрГТУ. – 2021. – № 2 (125). – С. 24–26.
3. Пойта, П. С. Оценка влияния глубины заложения и ширины подошвы фундамента на его осадку / П. С. Пойта, Т. П. Шалобыта, А. А. Четырбок // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сборник научных статей XXII Междунар. науч.-метод. семинара; Брест 29–30 сентября 2022 г. / БрГТУ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2022. – С. 157–166.
4. Грунты. Классификация : ГОСТ 25100-2020. – М. : Стандартинформ, 2020. – 38 с.
5. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий. – М. : Стройиздат, 1978. – 128 с.
6. Фундаменты плитные : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250) / Правила проектирования. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 137 с.

УДК 624.15+624.139

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

***П. С. Пойта¹, Н. Н. Шалобыта², Д. Н. Клебанюк³, С. Н. Кандыбо⁴,
П. В. Шведовский⁵***

¹ *Д. т. н., профессор, профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: ppsbrest@mail.ru*

² *К. т. н., доцент, доцент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: nnshalobyta@mail.ru*

³ *Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: klebanyuk.dmitri@yandex.ru*

⁴ *К. т. н., доцент, заведующий кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: svkandybo@yandex.com*

⁵ *К. т. н., профессор, профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: ofig@bstu.by*

Реферат

В работе приведены результаты экспериментальных исследований развития осадок фундаментов, находящегося в стадии завершения строительства, многофункционального торгового центра в г. Минске.

Наличие температурных и деформационных швов на парных колоннах 13-ти деформационных блоков обусловили выбор расположения осадочных марок и реперов, площадок приложения нагрузок и цикличность проведения работ по измерению осадок фундаментов. При этом учитывались ранее проведенные работы по измерению деформаций и состояние конструкций.

Полезная нагрузка прикладывалась постоянным нагружением трех площадок с интенсивностью $400\text{--}600\text{ кг/м}^2$ на протяжении 72 дней, с последующей разгрузкой и измерением величин осадки до 80 дней.

Выявлена значительная неравномерность осадок по всем осям, что на наш взгляд обусловлено жесткостью каркаса перекрытия и сложными инженерно-геологическими условиями строительной площадки, при этом стабилизация осадки возможна только при её величине не более 1,1 мм, что соответствует максимальному значению равномерно-распределённой нагрузки 100 кг/м^2 .

Анализ расчетных и экспериментально наблюдаемых величин осадок и их неравномерности показал, что погрешность расчётных методов может быть значительной и превышать 40 % и более. Так же выявлено, что любое проявление динамических воздействий отрицательно влияет как на величину осадки фундаментов, так и ее неравномерность.

Ключевые слова: фундамент, нагрузки, геодезические наблюдения, марки, осадки, относительная неравномерность осадок.

EXPERIMENTAL STUDIES OF FOUNDATION SETTLEMENT DEVELOPMENT UNDER THE ACTION OF A PAYLOAD

P. S. Poyta, N. N. Shalobyta, D. N. Klebanyuk, S. N. Kandybo, P. V. Shvedovsky

Abstract

The paper presents the results of experimental investigations of foundation settlement development of a multifunctional shopping centre in Minsk, which is under construction.

The presence of temperature and deformation joints on the paired columns of 13 deformation blocks determined the choice of the location of settlement marks and referents, load application sites and the cyclicity of foundation settlement measurements. Previous deformation measurements and the condition of the structures were taken into account.

The payload was applied by constant loading of the three sites with an intensity of $400\text{--}600\text{ kg/m}^2$ for 72 days, followed by unloading and measurement of settlement values for up to 80 days.

Significant unevenness of settlement along all axes was revealed, which in our opinion is due to the rigidity of the slab frame and complex engineering and geological conditions of the construction site, while stabilisation of settlement is possible only when its value is not more than 1.1 mm, which corresponds to the maximum value of uniformly distributed load of 100 kg/m².

The analysis of calculated and experimentally observed values of settlement and their non-uniformity has shown that the error of calculation methods can be significant and exceed 40 % and more. It is also revealed that any manifestation of dynamic effects negatively affects both the value of foundation settlement and its non-uniformity.

Keywords: foundations, loads, geodetic observations, grades, settlement, relative irregularity.

Разработка проекта фундаментов зданий и сооружений оптимальным образом удовлетворяющего, с одной стороны, условиям надёжности основания, а с другой – технологическим требованиям и индустриальности является достаточно трудной задачей. При этом одним из важнейших показателей, определяющим надёжную эксплуатацию любого здания, в течение всего срока службы, являются величины осадок, и в основном – неравномерные [1, 2].

Именно осадки являются критерием правильности и оптимальности принимаемых инженерных решений при проектировании оснований фундаментов зданий и сооружений.

Не меньшее значение в практике имеет и соответствие результатов расчета и данных экспериментальных наблюдений за развитием осадок фундаментов как строящихся, так и эксплуатируемых зданий и сооружений [3, 4].

С целью проверки этих положений нами были выполнены экспериментальные наблюдения за развитием осадок находящегося в стадии завершения строительства многофункционального торгового центра в г. Минске.

Предварительно до начала наблюдений были собраны сведения о состоянии конструкций, о ранее выполненных работах по измерению деформаций, намечено расположение осадочных марок и реперов, площадок приложения нагрузки и установлена цикличность по проведению работ измерения осадок фундаментов [5, 6].

Габаритные размеры здания 302,0 × 120,0 м. Высота в разных осях меняется, но не превышает 25,0 м. Здание торгового центра разделено на три функциональных блока, каждый из которых, в свою очередь, разделен на несколько температурных отсеков деформационными швами на парных колонах. В общей сложности здание разделено на 13 деформационных блоков. Одноэтажная прямоугольная часть здания длиной 109,0 м шириной 126,0 м выполнена в железобетонном каркасе. В качестве фундаментов под сборные железобетонные колонны запроектированы свайные фундаменты из выштампованных конусных свай длиной 4,0 м, объединенных поверху монолитным железобетонным ростверком [7].

Двухэтажная часть торгового центра в осях 15...23 и Б...Ф выполнена в монолитном каркасе как многопролетное здание, разделенное температурными швами между осями М – Н на два блока. Колонны первого этажа – монолитные, сечением от 400×400 мм до 1500×500 мм, с ячейкой 9,0×12,0 м и 12,0×18,0 м на втором этаже. В осях 24...41 и Б – Ф – здание разделено температурными швами на 7 блоков между осями 32–33, 37–38 и Д...Е, Р...С. Здесь колонны с сечением 400×400 и 500×500 мм, с ячейкой 9,0×12,0 м на первом этаже и с ячейками 12,0×18,0 м и 9,0×36,0 м – на втором этаже. Фундаменты свайные, из конусных свай в выштампованных скважинах, длиной 8,0 м, объединенных по верху монолитным ростверком.

Основание под полы по грунту в пределах всего пятна застройки запроектировано из отсыпанных грунтов путем устройства геомассива методом вибропогружения конических пуансонов с последующим заполнением скважин сухой цементно-песчаной смесью [7].

На рисунке 1 показаны площадки № 1...№ 3, в пределах которых прикладывали полезную нагрузку, а также схема установки осадочных марок.

При выборе схемы установки осадочных марок были учтены следующие особенности и соображения:

- в части здания (оси 15...25 и Б...Ф), в течение периода времени с ноября 2019 г. по январь 2021 г., были выполнены наблюдения за осадками фундаментов еще в период его строительства;
- по всем установленным маркам были получены существенные значения осадок фундаментов (от 52,9 мм до 116,7 мм). Значительно меньшие значения осадки имеют место в точках на пересечении осей Т/15 и Т/19;
- приращение осадки за период с 24.12.2019 от 22.01.21 (точка на пересечении осей И/19) при неизменной нагрузке (приостановка строительства) составило 68,9 мм или 59,0 % от полной;
- инженерно-геологические условия на данном участке представлены самыми мощными толщами торфа;
- места установки осадочных марок разделены деформационными швами.

Места площадок нагружения были выбраны таким образом, чтобы имелась возможность оценить взаимное влияние нагрузки на осадку фундаментов при наличии между ними температурных и деформационных швов. Расположение осадочных марок позволяло определить осадку фундаментов в центре приложенной нагрузки и в соседних по периметру точках. Кроме того, осадочные марки были размещены в точках, свободных от нагрузки (оси 16...18 и К...М, 20...22 и Р...У), что позволило фиксировать осадки в течение всего периода испытаний.

Полезную нагрузку прикладывали, нагружая постоянно три площадки (рисунок 2). После снятия первоначальных отсчётов на площадке № 1 была приложена нагрузка интенсивностью $P = 400 \text{ кг/м}^2$. На 14 день от начала испытаний после снятия отсчётов нагрузка была увеличена до 600 кг/м^2 . Через месяц от начала испытаний была нагружена площадка № 2 нагрузкой $P = 400 \text{ кг/м}^2$.

98

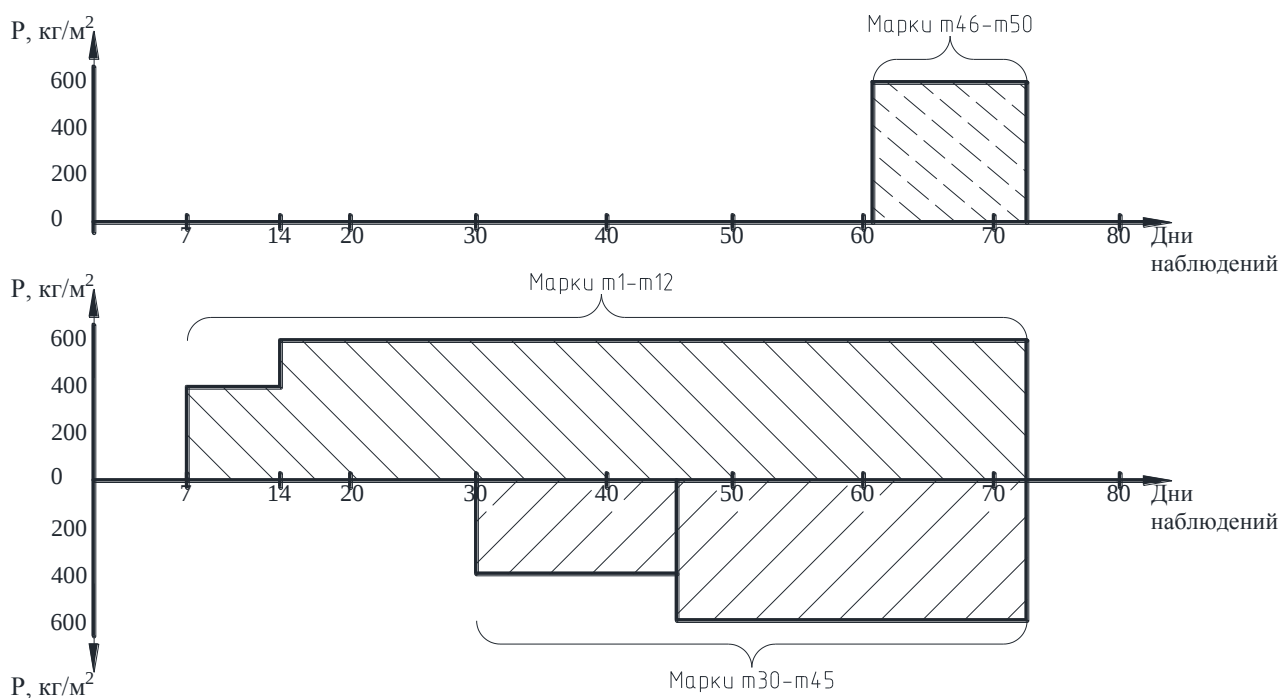


Рисунок 2 – График воздействия временной нагрузки на перекрытие в зависимости от ее величины и продолжительности

Графики развития средних осадок фундаментов, расположенных в пределах площадки нагружения № 1, показаны на рисунке 3.

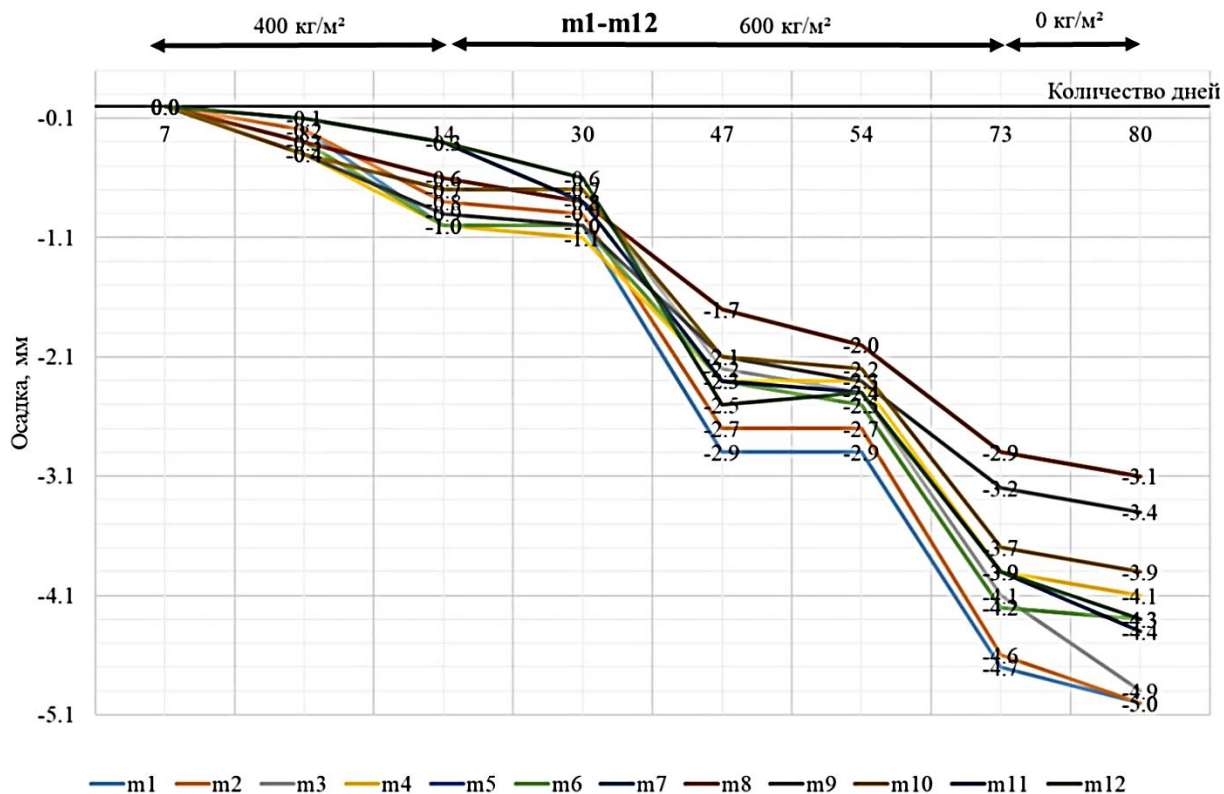


Рисунок 3 – Изменение осадки фундаментов при их нагружении нагрузкой $P = 400 \text{ кг/м}^2$ и $P = 600 \text{ кг/м}^2$

Их анализ показывает, что при действии полезной нагрузки $P = 400 \text{ кг/м}^2$ наибольшую осадку имеют фундаменты, находящиеся в центре загруженной площади ($m_1; m_2$). При удалении от центра осадка уменьшается. Наиболее интенсивный рост осадки характерен в первые дни передачи нагрузки на фундаменты. Через неделю с момента приложения нагрузки рост осадки замедляется. Следующие две недели рост осадки составляет не более $0,01 \text{ мм/день}$, несмотря на увеличение нагрузки до 600 кг/м^2 . Однако загрузка площадки № 2 нагрузкой 400 кг/м^2 существенно отражается на развитии осадок марок $m_1 \dots m_{12}$, несмотря на то, что площадка № 2 находится на удалении более $27,0 \text{ м}$ от площадки № 1. Более того, площадки № 1 и № 2 разделяют два деформационных шва (оси 19–20; 23–24). Рост осадки составил более $3,0 \text{ мм}$. Скорость осадки на этом участке составила $0,16 \text{ мм/день}$, т. е. она возросла более чем в 16 раз. Увеличение нагрузки до 600 кг/м^2 уже не оказывает существенного влияния на рост осадки, т. е. опять происходит уменьшение её скорости, хотя в меньшей степени. Аналогичная картина развития осадок фундаментов в пределах площадки № 1 характерна и при загрузке площадки № 3 нагрузкой $P = 600 \text{ кг/м}^2$. Однако на этом участке тенденция к уменьшению скорости деформации меньше, чем при предыдущих загрузках. Следует обратить внимание на то, что площадки № 1 и № 3 разделяют деформационные и температурные швы. Таким образом очевидно, что максимальные осадки вызывает нагрузка 400 кг/м^2 . Её дальнейшее увеличение эффекта увеличения роста осадки не вызывает. Это означает, что полезная нагрузка, допускаемая на перекрытия, должна быть менее 400 кг/м^2 . С другой стороны, очевидно большое влияние нагрузки, приложенной на соседних площадках, хотя и весьма удалённых. Данный факт подтверждается развитием осадки фундаментов, на которых нагрузка не прикладывалась (рисунок 4).

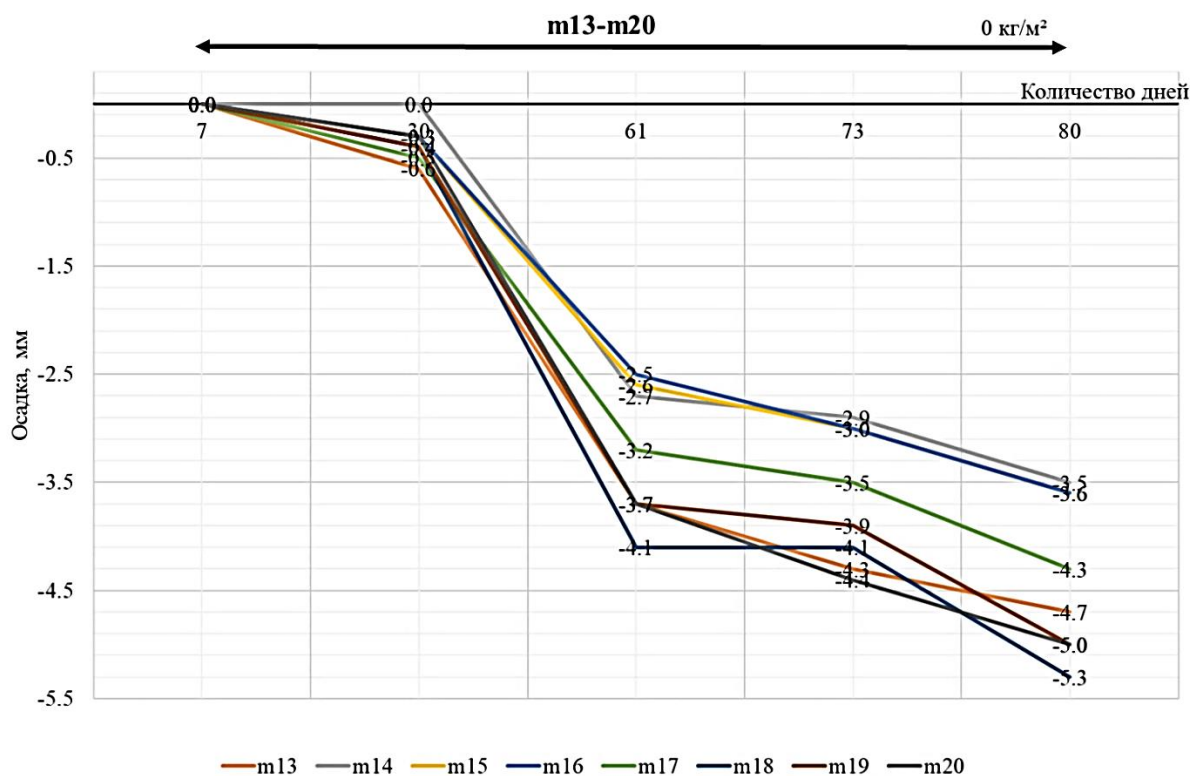


Рисунок 4 – Развитие осадки фундаментов на площадке вне площади загрузки

Графики осадок фундаментов (марки $m_{13}...m_{20}$) в значительной степени дублируют изменение осадок фундаментов на площадке № 1. Максимальная осадка здесь больше, чем у фундаментов в центре загруженной площадки. Деформационные швы предусмотренную при проектировании им функцию не выполняют. Передачу усилий на колонны и их фундаменты от загрузки удалённых площадок можно объяснить жесткостью каркаса перекрытия и инженерно-геологическими условиями. Следовательно, при приложении полезной нагрузки на перекрытия она не должна превышать $100...150 \text{ кг/м}^2$ при ее сплошном расположении. Это подтверждается выполненными расчетами осадок фундаментов в соответствии с требованиями [9...11]. Полученные результаты показывают, что осадка фундамента (оси И/19) при полезной нагрузке $P = 100 \text{ кг/м}^2$ с учетом влияния соседних фундаментов составляет 1,2 мм. При увеличении полезной нагрузки до 300 кг/м^2 осадка составляет 0,39 мм.

Сравнительный анализ расчетных и экспериментально наблюдаемых величин осадок и их неравномерности показал, что погрешность может быть значительной и превышать 40 % и более.

Анализ графиков осадки при различных давлениях показывает, что ее стабилизация возможна, когда осадка не превышает 1,1 мм. Принимая эту величину осадки как соответствующую нормальной эксплуатации блока здания в осях 14..28, максимальную равномерно-распределительную нагрузку следует принимать не более $100...150 \text{ кг/м}^2$.

Следует также отметить, что любое проявление динамических воздействий негативно повлияет как на величину осадки фундаментов, так и ее неравномерность.

Выводы

Анализ расчётных и экспериментально наблюдаемых величин осадок и их неравномерности показал, что погрешность может быть значительной и превышать 40 % и более.

Так же установлено, что жесткость каркаса здания влияет на развитие осадок фундаментов вне загруженных площадок, удаленных на 30–40 м от мест действия нагрузки.

Стабилизация осадки от действия полезной нагрузки возможна при ее величине не более 1.1 мм, что соответствует максимальному значению равномерно-распределенной нагрузки $P = 100 \text{ кг/м}^2$.

Список использованных источников

1. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общей ред. В. А. Ильичева, Р. А. Мангушева. – М. : Изд.-во АСВ, 2014. – 728 с.
2. Механика грунтов, основания и фундаменты : учебное пособие для строит. спец. вузов / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский [и др.] ; под ред. С. Б. Ухова. – 3-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2004. – 566 с.
3. Multi-storeyed building slab foundation settlement / P. S. Poita, N. N. Shalobyta, T. P. Shalobyta, E. N. Shalobyta // Vestnik of Brest State Technical University. – 2023. – № 3 (132). – P. 11–14.

4. Шашкин, А. Г. Проектирование зданий и подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга / А. Г. Шашкин. – М. : Академическая наука – Геомаркетинг, 2014. – 352 с.
5. Строительные нормы Республики Беларусь. Инженерные изыскания для строительства : СН 1.02.01-2019. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 113 с.
6. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1975. – 156 с.
7. Программа проведения испытаний оснований фундаментов участка здания, расположенного по адресу: г. Минск, ул. Казимировская, 12 в осях 15...28. – Брест. – 21 с.
8. Письмо № 20 от 22.03.2021г. Объект «Спортивно-оздоровительный и торгово-развлекательный центр на пересечении ул. Казимировской – ул. Каменногорской в г. Минске». – Минск, 2021. – 12 с.
9. Строительные правила Республики Беларусь. Общие положения проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений : СП 5.01.01-2023. – Минск : Минстройархитектуры, 2023. – 143 с.
10. Морарескул, Н. Н. Основание и фундаменты в торфяных грунтах : учебное пособие / Н. Н. Морарескул. – СПб. : Петербургский гос. университет путей сообщения, 1999. – 49 с.
11. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений / под ред. Б. И. Долматова. – М. : Изд. АСВ ; СПб., СПбГАСУ, 2006. – 428 с.

УДК 691:035.267

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН

С. А. Романовский¹, А. А. Бакатович²

*¹ Старший преподаватель кафедры строительного производства,
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь, e-mail: s.romanovskiy@psu.by*

*² К. т. н., доцент, декан инженерно-строительного факультета,
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь, e-mail: a.bakatovich@psu.by*

Реферат

Приведены результаты комплексных исследований теплоизоляционных плит, содержащих в качестве волокнистого структурообразующего материала льняные очесы. Представлены сведения о составе и соотношении компонентов утеплителя на основе очесов льна. Установлены показатели сорбционной влажности при относительной влажности воздуха 40–97 % и коэффициенты паропроницаемости теплоизоляционного материала из льняных очесов. На основании натурных испытаний подтверждена эффективность теплоизоляционных плит из очесов льна в качестве тепловой изоляции для ограждающих конструкций жилых домов.