

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СТИЛОБАТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

Л. Н. Лисиенкова, О. А. Будникова, Л. Ю. Комарова

Лисиенкова Любовь Николаевна, доктор технических наук, доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (977) 499-35-04; e-mail: lisienkovaln@mail.ru;

Будникова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры графического дизайна, Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (ПКУ), г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (909) 901-89-78; e-mail: boa333@mail.ru;

Комарова Людмила Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры инновационных материалов принтмедиаиндустрии, Московский политехнический университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (903) 191-04-25; e-mail: luknew@yandex.ru

В работе рассмотрены особенности проектирования стилобатных конструкций зданий. Стилобаты используются для создания жесткости зданий и создают дополнительное функциональное пространство. При эксплуатации нагрузки на отдельных участках стилобаты могут распределяться неравномерно, что должно учитываться при расчете таких конструкций. В расчетной части выполнен анализ и сбор нагрузок на плиту стилобата высотного здания с учетом функционального зонирования площади плиты. При расчете стилобата учитывались нагрузки на локальных участках плиты. По результатам расчета составлена схема армирования верхней и нижней части плиты стилобата. Выполнен расчет и подбор арматуры на локальных участках проектируемого стилобата. В результате показано, что в отличие от типовых плит перекрытий, при проектировании стилобатов дополнительно выполняется расчет нагрузок на локальных участках в соответствии с проектными решениями. Результаты могут использоваться при проектировании стилобатных элементов зданий.

Ключевые слова: *высотное строительство, несущие конструкции, стилобат, монолитная плита перекрытия, арматура, нагрузки, предельные состояния.*

PARTICULARITIES OF CALCULATING STILOBATE ELEMENTS OF BUILDINGS

L. N. Lisiyenkova, O. A. Budnikova, L. Yu. Komarova

Lisiyenkova Lyubov Nikolayevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Integrated Safety in Civil Engineering Department, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (977) 499-35-04; e-mail: lisienkovaln@mail.ru;

Budnikova Olga Aleksandrovna, Candidate of Technical Science, Associate Professor of Graphic Design Department, K. G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (PKU), Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (909) 901-89-78; e-mail: boa333@mail.ru;

Komarova Lyudmila Yuryevna, Candidate of Technical Science, Associate Professor of Innovative Materials for the Print Media Industry Department, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (903) 191-04-25; e-mail: luknew@yandex.ru

The paper examines the design features of stylobate structures in high-rise buildings. stylobate is used to provide rigidity to buildings and create additional functional space. During the operation of stylobate, the loads on certain sections of the structures may be distributed unevenly. In the calculation section, the load collection on the stylobate slab of a high-rise residential building has been carried out, taking into account the functional zoning of the slab area. Based on the calculation results, a reinforcement scheme for the upper and lower parts of the stylobate has been developed. Additionally, the calculation and selection of reinforcement for localized sections of the designed stylobate have been performed. It has been established that, unlike typical floor slabs, the design of stylobate includes an additional calculation of loads on localized sections according to the design solutions. The results can be used in the design of stylobate elements in buildings.

Keywords: *high-rise buildings, load-bearing structures, stylobate, monolithic floor slab, reinforcement, loads, limit states.*

Введение

Строительство современных многофункциональных жилых комплексов становится неотъемлемой частью урбанистического развития, особенно в мегаполисах [1, 2]. Одним из ключевых строительных элементов таких зданий является стилобатная часть, играющая важную роль в комплексной организации пространства, обеспечении функциональности здания, формировании нового ландшафта общественного пространства [3, 4].

С точки зрения архитектурно-объемного решения стилобатная конструкция создает многоступенчатость и многослойность здания, за счет чего появляется дополнительная площадь для полезного использования. При этом стилобатные элементы имеют утилитарный функционал: в них размещают вспомогательные и эксплуатационно-технические помещения [5–7].

Стилобат – это конструктивный элемент, который представляет собой массивную плиту – основу

для возведения здания, эксплуатируемой кровли площадки для прогулок, отдыха или других функций помещения [8–10]. Поверхность плиты-стилобата может быть устроена из различных материалов и иметь разные конфигурации. Например, эксплуатируемые кровли или площадки для отдыха могут повышать энергоэффективность здания путем теплоизоляции и снижения затрат на отопление или кондиционирование воздуха помещения [11, 12].

В отечественном и зарубежном высотном строительстве в последние годы активно проектируются здания, в которых присутствуют стилобатные элементы. Такие элементы используются как для обеспечения дополнительной жесткости, так и для расширения функционального пространства [13, 14]. В настоящее время типовой методики не принято для расчета и проектирования стилобатов. Проектирование стилобатов реализуется на общих методах расчета монолитных железобетонных конструкций и профессиональном опыте специалистов [15]. Однако при проектировании и расчете стилобатных элементов суще-

ствуют особенности, учитывающие не только типовые требования к несущим конструкциям, но и особые условия эксплуатации и нагрузки данных элементов при монтаже и эксплуатации [16].

Объекты и методы исследования

Характеристика объекта проектирования

Объект проектирования представляет плиту стилобата высотного жилого комплекса эксплуатируемой кровли, где запроектирована зона отдыха. В качестве материала использован бетон В25–В30 [17, 18]. Конструктивная арматура – А500С [19]. Несущая способность наклонных сечений при действии перерезывающих сил, включая участки с концентрированно приложенными усилиями, обеспечивается установкой поперечного армирования классом А500С в виде хомутов и шпилек.

Малозэтажный стилобат, в котором размещен общественный центр, формируется двумя горизонтальными диафрагмами на отметке 0,000 и 9,150 м, размерами в осях 58,0 × 22,60 м. Фрагмент внешнего вида стилобатной части представлен на рисунке 1.

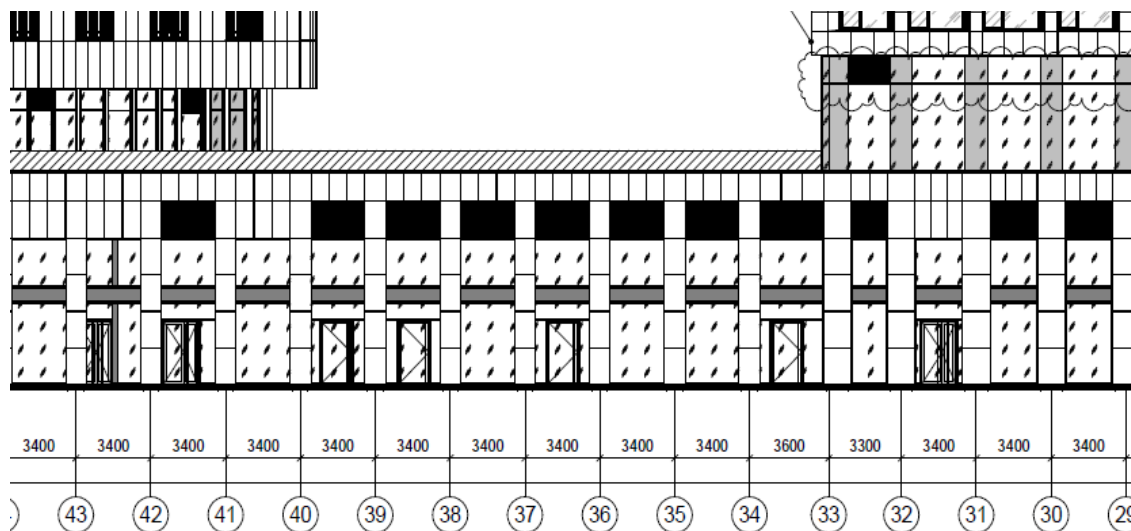


Рис. 1. Фрагмент внешнего вида стилобатной части здания

Плита стилобата для эксплуатируемой кровли, симметрично устраиваемая по обе стороны жилого здания, рассчитывается на отметке 9,150 м толщиной 250 мм. Малозэтажный стилобат разделен от жилого здания деформационными швами. Схема проектируемой плиты эксплуатируемой кровли стилобата в осях 1–18, 33–50 представлена на рисунке 2. Жилой дом со стилобатом является ярким представителем данной типологии зданий. Он представляет собой объединение нескольких типовых секций в единую композицию, дополненную расширенным первым этажом с общественными помещениями. Такой подход позволяет гармонично сочетать экономичность и эстетическую привлекательность.

В стилобатной части располагаются бытовые (тамбур, санузел, колясочная и пр.), коммер-

ческие и технические помещения (мусорокамера, помещение биопресс-компактора, тамбур-шлюз, венткамера вытяжной противодымной вентиляции) общей площадью 1332,07 м².

Стилобатная часть жилого комплекса предполагает наличие эксплуатируемой кровли на отметке 9,150 м, которая перетягивает на себя кратковременные и особые нагрузки. Кровля представляет плоскую поверхность с уклоном 1,5 % для отвода вод. Имеет самостоятельную водосточную систему с водоотведением в приемные решетки наружной сети ливневой канализации. Покрытие железобетонной плиты стилобата включает гранитную брусчатку, цементно-песчаную смесь, гравий, мембранное полотно, пенополистирольный утеплитель, два слоя гидроизоляции, цементно-песчаную стяжку с армирующей сеткой, уклонообразующий слой из керамзитобетона.

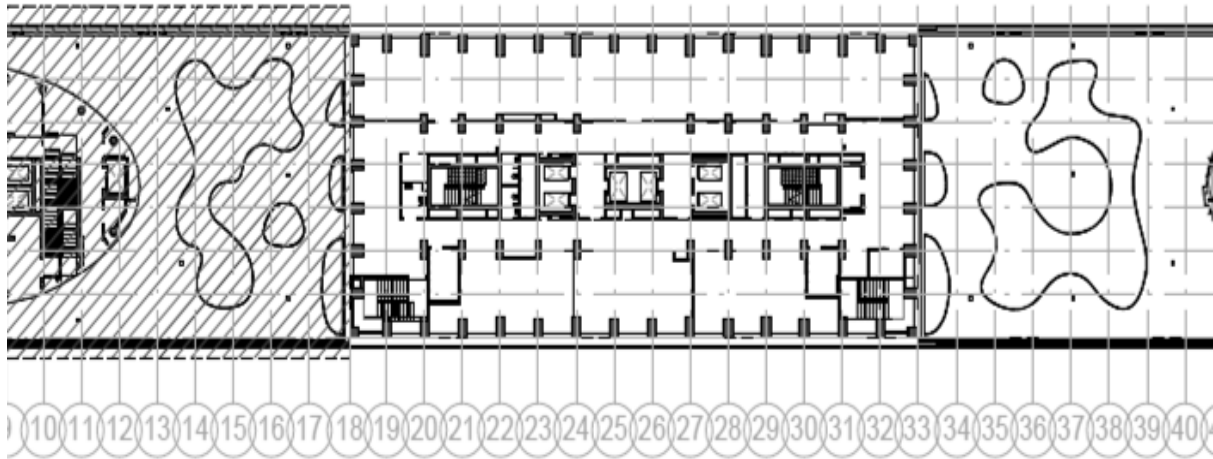


Рис. 2. Схема плиты стилобата

При проектировании стилобата было принято решение разместить на эксплуатируемой кровле элементы зеленой зоны по следующим причинам:

- создают дополнительный изоляционный слой, задерживают дождевую воду, снижая нагрузку на ливневую канализацию;
- очищают воздух, всасывая загрязняющие вещества и выделяя кислород;
- поглощают и рассеивают шум, создавая более тихую среду;
- выделяя влагу, улучшают микроклимат;

- привлекают насекомых, птиц, повышая биоразнообразие среды [20].

Зеленая зона включает кустарники и травянистые растения, размещенные в плодородном слое (плотность 1000 кг/м³). Высота плодородного слоя должна быть 600 мм.

Методы расчета несущей способности плиты стилобата

Ключевыми целями являются расчет усилий, подбор арматуры и конструирование. Расчет и конструирование плиты стилобата выполнено в соответствии с нормативными требованиями [21, 22]. Сбор нагрузок представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сбор нагрузки на 1 м² плиты стилобата

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м ²
Постоянная			
Гранитная брусчатка $\delta = 0,03$ м; $\rho = 2620$ кг/м ³ ;	0,786	1,20	0,943
Цем.-песч. стяжка М100 $\delta = 0,05$ м; $\rho = 1720$ кг/м ³ ;	0,86	1,20	1,032
Промытый гравий фракции 5–20 мм $\delta = 0,07$ м; $\rho = 1400$ кг/м ³ ;	0,98	1,20	1,176
Профилированная мембрана “ТМД 1020 6040Т” $\delta = 0,01$ м; $\rho = 130$ кг/м ³ ;	0,013	1,20	0,016
Слой утеплителя $\delta = 0,2$ м; $\rho = 35$ кг/м ³ ;	0,07	1,2	0,084
Гидроизоляция «Техноэласт ЭПП» в два слоя $\delta = 0,008$ м; $\rho = 1060$ кг/м ³ ;	0,085	1,3	0,111
Цем.-песч. стяжка М200 $\delta = 0,05$ м; $\rho = 2300$ кг/м ³ ;	1,15	1,3	1,495
Уклонообразующий слой из керамзитобетона, фракцией 5×20 мм $\delta = 0,132$ м; $\rho = 400$ кг/м ³ ;	0,528	1,2	0,634
Монолитная ж/б плита покрытия $\delta = 0,25$ м; $\rho = 2500$ кг/м ³ ;	6,25	1,1	6,875
Итого постоянная нагрузка g	10,722		12,365
Временная			
Ветровая нагрузка (I)	0,23	1,4	0,322
Снеговая нагрузка (III)	1,5	1,4	2,1
Полезная (озеленение)	6	1,3	7,8
Кратковременная vsh (нагрузка от людей для отдыха)	1,5	1,3	1,950
Длительная vloп (детские площадки, лавки)	0,875	1,3	1,138
Итого временная нагрузка V	10,105		13,310
Полная нагрузка g + V	20,827		25,674

Далее выполнен расчет несущей способности плиты по предельным состояниям первой и второй групп.

Результаты и обсуждение

В расчете по предельным состояниям первой группы определяли усилие продавливания колонны на плиту. Усилие продавливания ($F = 353 \text{ кН}$) меньше несущей способности плиты стилобата ($F_{b,ult} = 1039 \text{ кН}$). Для армирования конструктивно выбрана арматура $\varnothing 14 \text{ A600}$ с шагом 50 мм.

Следует отметить, что при проектировании подобных конструктивных элементов выполняются расчеты по площади плиты с учетом локально действующих нагрузок. Следует также учитывать

функциональное назначение стилобата: нагрузку от пожарной техники следует включать в расчет прочности стилобатных конструкций.

Далее выполнен расчет плиты стилобата на изгибы в локальных ячейках. Определена площадь верхней арматуры $A_{sx1} = 1,46 \text{ см}^2/\text{м}$ надколонного участка, параллельной оси x . Конструктивно подобрали для этого участка арматуру $\varnothing 12 \text{ A600}$ и шаг 100 мм. Подобрана также арматура (верхняя и нижняя) для других участков с учетом локальных нагрузок: межколонная, пролетная и прочие зоны плиты стилобата.

Схемы верхней и нижней арматуры показаны на рисунках 4, 5.

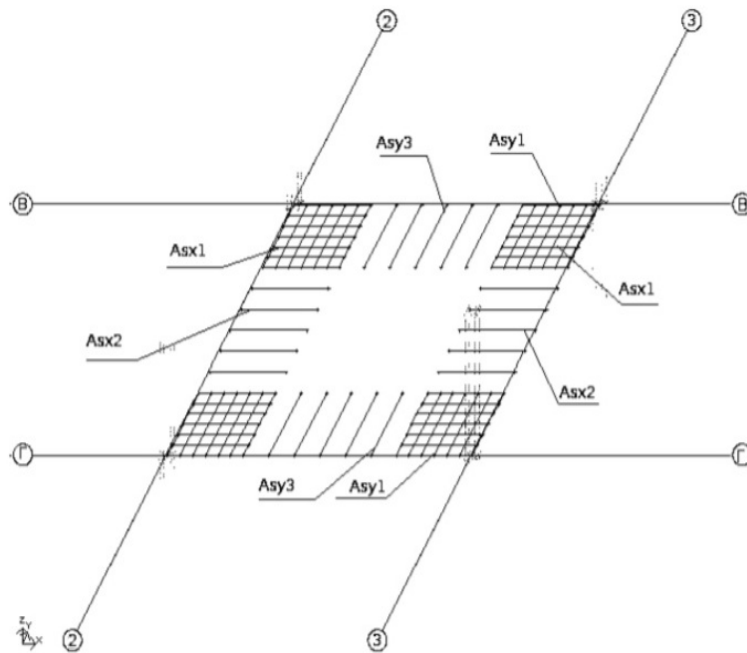


Рис. 4. Схема верхней арматуры плиты стилобата

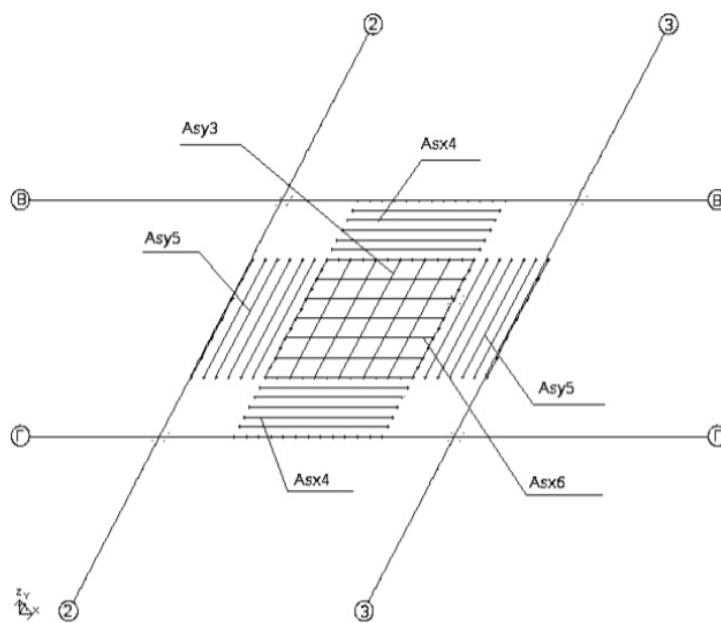


Рис. 5. Схема нижней арматуры плиты стилобата

Далее выполнен расчет по предельным состояниям второй группы (по образованию трещин).

Для этого рассмотрено сечение надколонного участка, в котором имеется максимальный момент от нагрузок $M_y(q) = 23,67 \text{ кН}\cdot\text{м/м}$. В расчетах ширину расчетного сечения принимали равной шагу сетки 0,5 м. Так как $M_{y,max}(q_n) = 9,12 \text{ кН}\cdot\text{м} > M_{cr} = 7,25 \text{ кН}\cdot\text{м}$, значит трещины в сечении образуются.

Поэтому выполнен расчет по раскрытию трещин по известным формулам. Так как величина раскрытия трещины $a_{cr,1} = 0,127 \text{ мм} < a_{cr,ult} = 0,3 \text{ мм}$, ширина раскрытия трещин удовлетворяет нормативным требованиям. В расчете по деформациям прогиб не превысил предельного значения и жесткость перекрытия удовлетворяет нормативным требованиям.

Заключение

1. В результате расчета стилобатной части здания определены методические подходы к про-

ектированию таких элементов. Показано, что следует учитывать нагрузки на локальных участках плиты с учетом их функционального назначения.

2. В отличие от типовых плит перекрытий при проектировании плит стилобата дополнительно должен выполняться сбор и расчет нагрузок на локальных участках плиты в соответствии с принятыми проектными решениями.

3. Конструктивный расчет включает подбор арматуры каркаса для верхней и нижней частей плиты стилобата, а также для локальных участков плиты с учетом их расчетных нагрузок.

4. Таким образом, при проектировании стилобатов в расчетах следует учитывать не только общие нагрузки на конструкцию, но и нагрузки на локальных участках плиты стилобата. Соответственно, нужно принимать конструктивное решение на указанных участках.

5. Полученные результаты будут полезны при проектировании стилобатных элементов несущих конструкций зданий.

Список литературы

1. Генералов В. П. Высотные жилые дома-комплексы как элемент создания высококомфортной жилой среды / В. П. Генералов, Е. М. Генералова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2013. – № 2 (10). – С. 12-16. – DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.2. – EDN RSDLFP (дата обращения: 07.10.2024).
2. Shurrab J. Green and sustainable practices in the construction industry: A confirmatory factor analysis approach / J. Shurrab, M. Hussain, M. Khan // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2019. – Vol. 26, № 6. – P. 1063–1086. – DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2018-0056>.
3. Семенова Э. Е. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Э. Е. Семенова, В. С. Думанова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2 (32). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-energoeffektivnosti-ekspluatiruemyh-zdaniy> (дата обращения: 29.08.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
4. Ingaramo R. Surviving the City. Nature as an Architecture Design Strategy for a More Resilient Urban Ecosystem. Green Infrastructure / R. Ingaramo, M. Negrello – Springer, Cham, Switzerland, 2023. – DOI: 10.1007/978-3-031-28772-5_12.
5. Минеева Н. П. Стилобаты высотных зданий и комплексов, функционально-планировочные особенности / Н. П. Минеева // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей Всероссийской научной конференции, Курск, 17–18 октября 2018 года: в 4 т. / отв. ред. А. А. Горохов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – Т. 3. – С. 281–284. – EDN YNGWVF (дата обращения: 07.10.2024).
6. Generalova E. Mixed-Use High-Rise Buildings: A Typology of the Future / E. Generalova, V. Generalov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019", Vladivostok, Russky Island, 01–04 октября 2019 года. – Vladivostok, Russky Island: Institute of Physics Publishing, 2020. – Vol. 753, 2, ch. 1. – P. 022062. – DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022062. – EDN TFEOWT.
7. Matovnikov S. The problems of designing a multifunctional courtyard space of high-rise buildings by the example of residential development in Volgograd / S. Matovnikov, N. Matovnikova, P. Samoilenko // 2017 International Scientific Conference on High-Rise Construction, HRC 2017, Samara, 04–08 сентября 2017 года: E3S Web of Conferences. – France: EDP Sciences, 2018. – P. 01006. – DOI: 10.1051/e3sconf/20183301006 EDN: XYEXYT.
8. Долотказина Н. С. Особенности реновации городских территорий с учетом существующих ограничений / Н. С. Долотказина, Ю. Г. Кожевникова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – №2 (32). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-renovatsii-gorodskih-territoriy-s-uchetom-suschestvuyuschih-ogranicheniy> (дата обращения: 29.08.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Коротич А. В. Композиционные особенности архитектуры современных высотных комплексов / А. В. Коротич // Архитектон: известия вузов. – 2018. – № 3 (63). – С. 3. – EDN YAABQT.
10. Salameh Muna. Designing Climate-Adaptive Buildings: Impact of Courtyard Geometry on Microclimates in Hot, Dry Environments / Salameh Muna, Touqan Basim // Civil Engineering Journal. – 2024. – Vol. 10, № 8. – P. 2698–2718. – DOI: 10.28991/CEJ-2024-010-08-017.
11. Терентьева В. М. Особенности размещения общественных зон в стилобатах многофункциональных комплексов / В. М. Терентьева // Будущее науки – 2019: сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 25–26 апреля 2019 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – Т. 5. – С. 116–120. – EDN ZFCETB (дата обращения: 07.10.2024).
12. Kujundzic K., Stamatovic Vuckovic S., Radivojevic A. Toward Regenerative Sustainability: A Passive Design Comfort Assessment Method of Indoor Environment / K. Kujundzic, S. Stamatovic Vuckovic, A. Radivojevic // Sustainability. – 2023. – Vol. 15 (1). – P. 840. – DOI: 10.3390/su15010840.



13. Генералова Е. М. Формирование типологии стилобатов высотных зданий в соответствии с принципами транзитно-ориентированного проектирования / Е. М. Генералова, В. П. Генералов // Градостроительство и архитектура. – 2020. – Т. 10, №2. – С. 100–108. – DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.14 (дата обращения: 07.10.2024).
14. Толмасова П. И. Оценка влияния вертикального озеленения фасадов на энергоэффективность зданий / П. И. Толмасова, А. Н. Гойкалов, М. В. Новиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 5–11.
15. Викторова А. О. Метод расчета и конструировании плиты перекрытия стилобатной части монолитного здания в программном комплексе «Ли́ра-САПР – 2013» / А. О. Викторова, А. С. Афанасьев, Д. М. Муттаги́рова, Н. А. Гармаш, Д. А. Дубинин // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5 (56). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-raschyota-i-konstruirovanii-plity-perekrytiya-stilobatnoy-chasti-monolitnogo-zdaniya-v-programmnom-komplekse-lira-sapr-2013> (дата обращения: 29.08.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
16. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. – Дата введения 2022–06–20. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/351102147>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
17. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. – Дата введения 2012–01–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200085075>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
18. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – Дата введения 2016–09–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200133282>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
19. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. – Дата введения 2019–01–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200144936>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
20. ТН-СТИЛОБАТ ТРОТУАР. Система эксплуатируемой инверсионной крыши и стилобатной части здания под пешеходную нагрузку // Технониколь.Навигатор. – Режим доступа: <https://nav.tn.ru/systems/stilobaty/tn-stilobat-trotuar> (дата обращения: 07.10.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
21. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. – Дата введения 2017–06–04. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
22. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Дата введения 2019–06–20. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

© Л. Н. Лисиенкова, О. А. Будникова, Л. Ю. Комарова

Ссылка для цитирования:

Лисиенкова Л. Н., Будникова О. А., Комарова Л. Ю. Особенности расчета стилобатных элементов зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (5). С. 5–10.

УДК 332.8

DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-10-16

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

М. Ю. Ометова, И. А. Зайцева, С. А. Логинова, С. В. Левицкий, А. Н. Басов

Ометова Мария Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и инженерных систем, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (920) 679-10-56; e-mail: ometova_m@rambler.ru;

Зайцева Ирина Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управление и финансов, магистрант, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (915) 835-50-02; e-mail: 75zss@rambler.ru;

Логинова Светлана Андреевна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительства зданий и сооружений, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (906) 617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Левицкий Семен Васильевич, магистрант, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (915) 819-71-12; e-mail: knyaztmitb@yandex.ru;

Басов Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры строительства зданий и сооружений, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 331-14-10; e-mail: basovan@ystu.ru

В статье подробно разбирается роль цифровой трансформации в строительной индустрии, в частности, применение технологий информационного моделирования, таких как BIM (Building Information Modeling), для улучшения процессов проектирования и строительства. Основное внимание уделяется важности качества воздуха внутри зданий. Обосновывается использование цифровых технологий и программных продуктов с целью более точного и эффективного планирования, учитывая множество параметров, включая энергоэффективность, структурную надежность и особенно качество внутреннего воздуха. Авторами представлена принципиальная схема организации проектирования и строительства, в которой цифровизация играет ключевую роль в координации и оптимизации всех процессов. Сформулированы рациональные направления для дальнейшего развития и углубления цифровизации в строительных процессах, подчеркивая ее значимость для создания здоровой и устойчивой среды в малоэтажных жилых зданиях.

Ключевые слова: планирование, качество воздуха, цифровизация, информационное моделирование, энергоэффективность.