

Уместность изменения конструктивного решения покрытия без усиления существующих фундаментов

УДК 624.15

Хрянина О.В.

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза); e-mail: olgahryanina@mail.ru

Колесникова М.С.

Бакалавр кафедры «Геотехника и дорожное строительство» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза); e-mail: masha-kolesnikova2202@yandex.ru

Статья получена: 10.03.2019. Рассмотрена: 15.03.2019. Одобрена: 21.03.2019. Опубликовано онлайн: 26.06.2019. ©РИОР

Аннотация. Авторами выполнено изучение исходных материалов и их анализ, что позволило выявить инженерно-геологические условия площадки строительства и наметить программу научно-исследовательских работ.

Проведены натурное и инструментальное обследования технического состояния несущих и ограждающих конструкций здания. Установлено, что конструкции здания в процессе эксплуатации не получили деформаций, препятствующих нормальным условиям работы, и в настоящее время находятся в удовлетворительном состоянии.

Определена прочность бетона фундамента органолептическим и инструментальным методами, что показало соответствие проектным значениям.

Анализ поверочных расчетов основания, удовлетворительное состояние конструкций здания показали, что конструктивное решение покрытия может быть изменено и выполнено

в натуре без усиления существующих фундаментов.

Ключевые слова: надстройка, изучение исходных материалов, визуальное обследование, несущие и ограждающие конструкции, отбор образцов, несущая способность грунтов, поверочные расчеты, техническое заключение.

Введение. Нарушение нормального режима эксплуатации зданий и сооружений приводит к появлению всевозможных признаков, влияющих на рабочее состояние конструкций и грунтов оснований не лучшим образом. Это может являться основанием для проведения обследования, позволяющего установить и оценить степень повреждения и категорию технического состояния по сравнению с проектом, техническими условиями и практикой эксплуатации, определить возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость усиления.

THE RELEVANCE OF CHANGING THE DESIGN SOLUTION COVERAGE WITHOUT STRENGTHENING EXISTING FOUNDATIONS

O.V. Hryanina

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department «Geotechnics and Road Construction», Penza State University of Architecture and Construction, Penza; e-mail: olgahryanina@mail.ru

M.S. Kolesnikova

Bachelor's Degree Student, Department «Geotechnics and Road Construction», Penza State University of Architecture and Construction; e-mail: masha-kolesnikova2202@yandex.ru

Manuscript received: 10.03.2019. **Revised:** 15.03.2019. **Accepted:** 21.03.2019. **Published online:** 26.06.2019. ©RIOR

Abstract. The authors carried out the study of raw materials and their analysis, which allowed to identify the engineering-geolog-

ical conditions of the construction site and outline the program of scientific and survey works.

Full-scale and instrumental examination of the technical condition of the bearing and enclosing structures of the building. It is established that the building structures during operation have not received deformations that prevent normal operating conditions and are currently in satisfactory condition.

The strength of concrete Foundation organoleptic and instrumental methods, which showed compliance with the design values.

Analysis of verification calculations of the base, a satisfactory condition of the building structures showed that the structural solution of the coating can be changed and performed in kind without strengthening the existing foundations.

Keywords: superstructure, the study of raw materials, visual inspection, bearing and enclosing structures, sampling, carrying capacity of soils, calibration calculations, technical conclusion.

Подобные вопросы возникают при реконструкции зданий и сооружений [1; 2], при длительной эксплуатации старых зданий, сносе всего здания или его части, встраивании нового здания среди старых существующих и т.п. [3; 4].

Цель настоящей работы — выявить возможность изменения конструктивного решения покрытия главного корпуса Каменских РЭС с использованием облегченных конструктивных элементов без усиления существующих фундаментов.

При выполнении настоящей научно-исследовательской работы были использованы следующие **материалы и методы**:

- задание руководства ООО «Пензастройпроект» на выполнение работ по обследованию технического состояния конструкций здания Каменских РЭС и выдача заключения о возможности изменения конструктивного решения покрытия без усиления существующих фундаментов;
- проект привязки «Ремонтно-производственная база электрических сетей. База тип III. Главный корпус», проект № 1228-ТМ, «Энергосетьпроект», Ростов-на-Дону, 1966 г.;
- результаты натурного визуального обследования фактического состояния конструкций, фундаментов и грунтов основания главного корпуса;
- результаты исследования образцов грунта основания с определением основных физико-механических характеристик, необходимых для поверочных расчетов;
- поверочные расчеты основания с учетом изменения условий эксплуатации.

Характеристика объекта. Здание главного корпуса представляет прямоугольное здание в плане с полным железобетонным каркасом, двухпролетное, одноэтажное с размерами 24 × 36 м.

По данным, приведенным в типовом проекте № 1228-ТМ: т. 2-19, грунтами основания служит глина коричневая, коричнево-бурая, известковая, полутвердая, тугопластичная со следующими физико-механическими характеристиками (табл. 1).

Для суждения о грунте основания, определения фактических размеров фундамента, кос-

венного определения прочности бетона фундамента и отбора образцов грунта для лабораторных исследований был отрыт шурф с наружной стороны здания возле фундамента колонны по ряду Б, ось 7. План расположения шурфа показан на рис. 1, сечение шурфа — на рис. 2.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунта основания

Наименование грунта	Коэффициент пористости, e	Удельное сцепление, c , кПа	Угол внутреннего трения, φ , град	Модуль деформации, E , МПа
Глина	0,75–0,78	19,0	20°	13

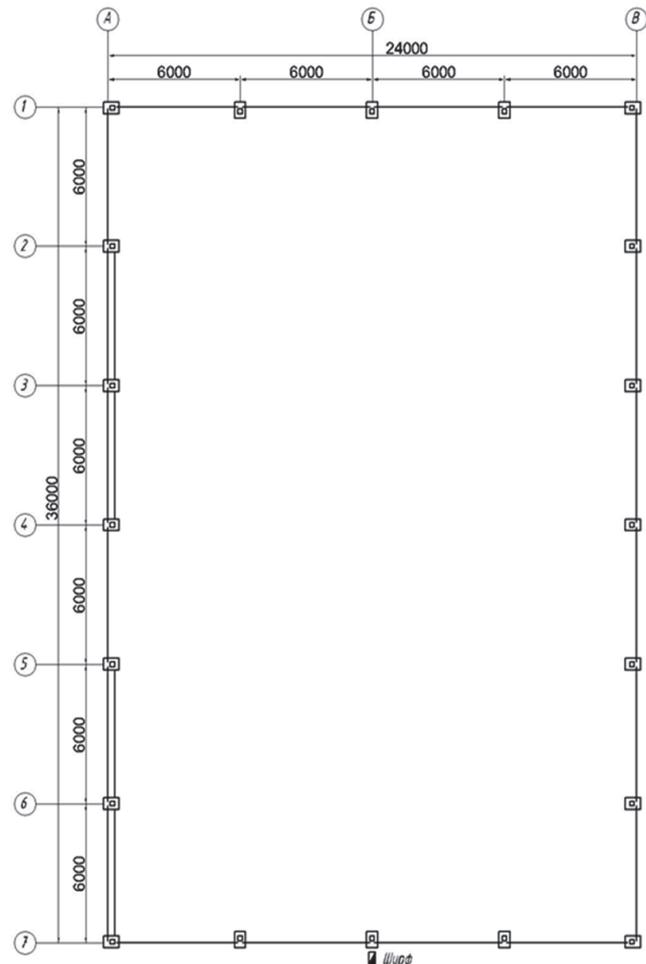


Рис. 1. План расположения шурфа

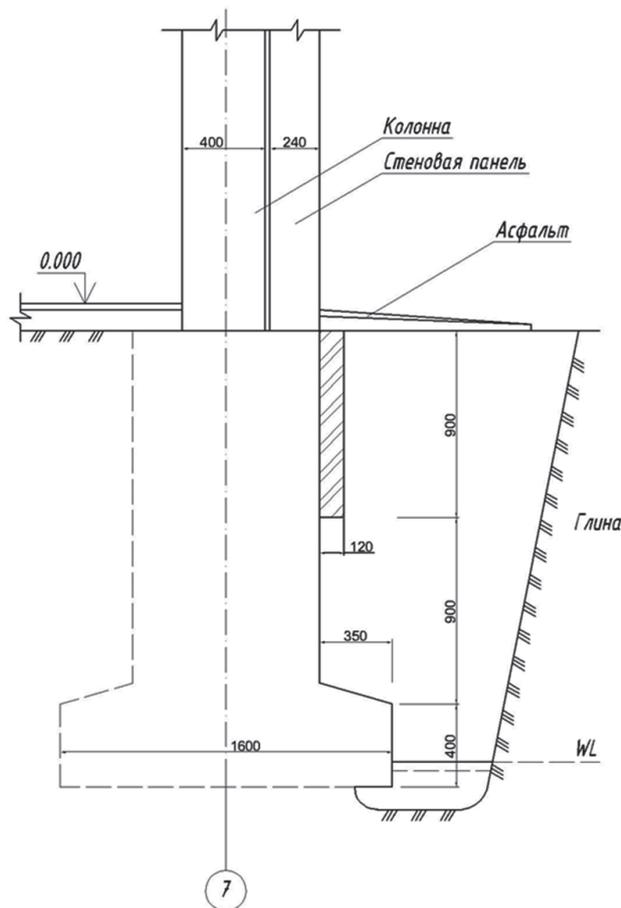


Рис. 2. Сечение фундамента в шурфе

Визуальное обследование технического состояния несущих и ограждающих конструкций здания

Визуальное обследование фактического состояния грунтов основания фундамента было выполнено в отрытом шурфе в конце мая 2018 г. (рис. 3). По результатам обмеров установлено, что размер подошвы фундамента по оси 7 составляет 1,6 м, что меньше принятого в проекте 1,8 м. Фундамент монолитный, железобетонный, хорошего качества.

Определение прочности бетона органолептическим методом, путем простукивания ребром молотка показало, что на поверхности бетона остается слабо заметный след, звук звонкий. Это подтверждает, что марка бетона выше М 200. Горизонтальная гидроизоляция в уровне низа стеновой панели отсутствует.

Фактическая глубина залегания подошвы фундамента составляет 2,2 м, что на 0,4 м боль-

ше принятой в проекте. Такая глубина заложения при определении расчетного сопротивления грунта основания с запасом компенсирует некоторые уменьшения подошвы фундамента в плане [5].



Рис. 3. Фактическое состояние грунтов основания фундамента

Грунты основания в шурфе соответствуют приведенным в проекте привязки по наименованию. В проекте о грунтовых водах сведений не имеется, в отрытом шурфе вода грунтовая установилась на глубине 2,00 м от поверхности.

Колонны каркаса здания железобетонные по серии КЭ 01-49, вып. II сечением 400 × 400 мм. Визуальное обследование колонн по оси 3–5 ряду В и пробах бетона ударом молотка по зубилу, установленному перпендикулярно боковой поверхности колонны, показало, что от зубила почти не остается следа, пластина не отделяется, след от царапанья зубилом не виден. Это говорит о том, что марка бетона колонны выше М 200. Общее состояние колонны удовлетворительное.

Ограждение здания выполнено из панелей ячеистого бетона толщиной 240 мм. В связи с отсутствием горизонтальной гидроизоляции многие панели замочились и видны следы проявившегося грибка. Сами панели стен не имеют видимых деформаций, находятся в удовлетворительном состоянии. В некоторых швах, в местах стыков панелей имеются трещины.

Другие конструкции не обследовались, однако снизу в покрытии видны следы замачивания вследствие протекания кровли.

В покрытии приняты 12-метровые двускатные балки по серии ПК 01-66 вып. VIII. Кровля рулонная по утеплителю из пенобетона толщиной 100 мм с плотностью 500 кг/м. Крыша течет. Фотофиксация объекта исследования представлена на рис. 4.

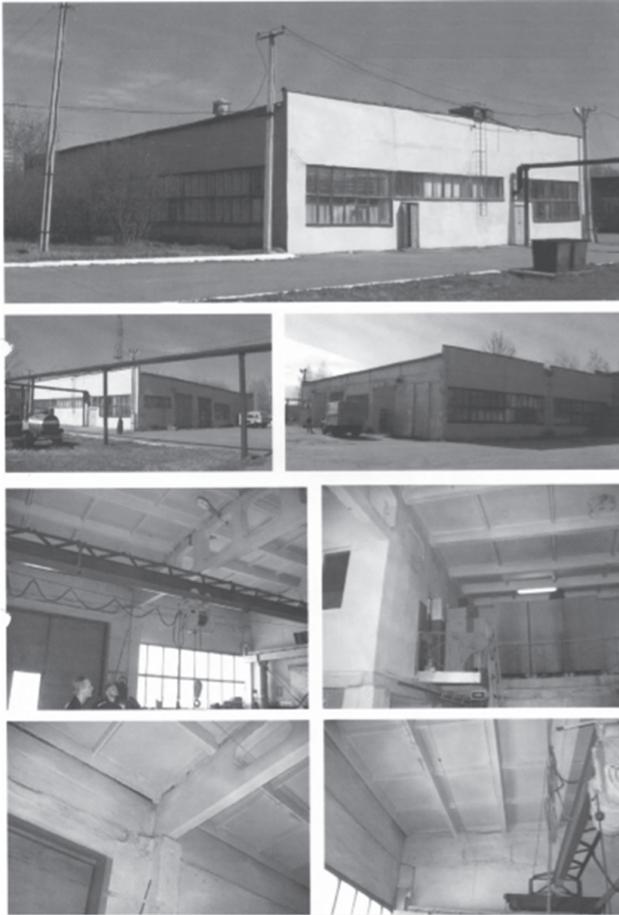


Рис. 4. Фотофиксация исследуемого объекта

Определение физико-механических характеристик грунтов

Физико-механические характеристики грунтов основания определялись в лаборатории механики грунтов Пензенского государственного университета архитектуры и строительства на образцах грунта ненарушенной структуры, отобранных с площадки строительства. Определялись основные характеристики, необходимые для расчета фундаментов. Все ис-

пытания проводились в соответствии с действующими ГОСТами.

Природная влажность ω . Природная влажность грунта определялась в соответствии с [6] весовым методом путем высушивания образцов грунта в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С. Всего было испытано 6 образцов грунта. Результаты испытания представлены в табл. 2.

Таблица 2

Определение природной влажности грунта

Номер бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с влажным грунтом, г	Масса бюкса с сухим грунтом, г	Природная влажность, %	Среднее значение
108	22,2	76,5	64,3	28,0	25,3
225	22,7	102,9	85,5	27,7	
370	23,4	75,6	65,7	23,4	
396	22,8	74,4	64,5	23,7	
129	22,7	83,1	71,2	24,5	
374	23,3	82,2	70,7	24,3	

Нормативное значение природной влажности 25,3%.

Природная плотность ρ . Природная плотность грунта определялась методом режущего кольца в соответствии с [6]. Всего было испытано 3 образца грунта. Результаты испытания представлены в табл. 3.

Таблица 3

Определение плотности грунта

№ кольца	Масса пустого кольца, г	Объем кольца, см ³	Масса кольца с грунтом, г	Природная плотность, г/см ³	Среднее значение
14	44,4	50,0	143,8	1,99	2,01
9	42,3		144,6	2,04	
3	41,7		142,0	2,01	

Нормативное значение природной плотности 2,01 г/см³.

Плотность минеральных частиц ρ_s . Плотность минеральных частиц грунта для отдельных разновидностей грунтов меняется в небольших пределах, нами не определялась, а взята по результатам наших испытаний подобных грунтов и по литературным данным равной 2,73 г/см³.

Коэффициент пористости e . Коэффициент пористости рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \left(1 + \frac{\omega}{100} \right) - 1,$$

где e — коэффициент пористости;
 ρ_s — плотность минеральных частиц;
 ρ — природная плотность;
 ω — природная влажность.

$$e = \frac{2,73}{2,01} \left(1 + \frac{25,3}{100} \right) - 1 = 0,70.$$

Пористость грунта n . Пористость грунта рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{e}{1 + e} 100\%,$$

где n — пористость грунта;
 e — коэффициент пористости.

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100\% = \frac{0,70}{1 + 0,70} \cdot 100\% = 41,2\%.$$

Степень влажности грунта S_r . Степень влажности грунта, или доля заполнения пор водой, рассчитывается по формуле:

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot \omega}{e \cdot \rho_w \cdot 100},$$

где S_r — степень влажности грунта;
 ρ_s — плотность минеральных частиц;
 ω — природная влажность;
 e — коэффициент пористости;
 ρ_w — плотность воды, равная 1,0 г/см³.

$$S_r = \frac{2,73 \cdot 25,3}{0,70 \cdot 1,0 \cdot 100} = 0,98.$$

Согласно [7] — грунт водонасыщенный.

Определение прочностных характеристик грунта

Прочностные характеристики грунта определяются в соответствии с [8] путем испытания образцов грунта на срез в сдвиговом приборе. Всего было испытано 6 образцов грунта.

Результаты испытания следующие (табл. 4).

Таблица 4

Прочностные характеристики грунта

Вертикальное (уплотняющее) давление σ , кг/см ²	Горизонтальное (сдвигающее) давление τ , кг/см ²
1,00	0,60
1,50	0,80
2,00	0,90
2,00	0,90
1,50	0,80
1,00	0,60

Количество испытаний образцов достаточно для статической обработки результатов методов наименьших квадратов. По этому методу в соответствии с [9] прочностные характеристики определяются по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n \sum \sigma \tau - \sum \sigma \cdot \sum \tau}{n \sum \sigma^2 - (\sum \sigma)^2}$$

$$C = \frac{1}{n} (\sum \tau - \sum \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi),$$

где φ — угол внутреннего трения грунта;

C — удельное сцепление;

n — число определений.

Имеем: $n = 6$, $\sum \sigma = 9,0$, $\sum \tau = 4,6$, $\sum \sigma^2 = 14,8$, $(\sum \sigma)^2 = 81,0$, $\sum \sigma \tau = 7,2$.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{6 \cdot 7,2 - 9,0 \cdot 4,6}{6 \cdot 14,8 - 81,0} = \frac{43,2 - 41,4}{87,0 - 81,0} =$$

$$= \frac{1,80}{6,0} = 0,300$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} 0,300 \approx 17^\circ$$

$$C = \frac{1}{6} (4,6 - 9,0 \cdot 0,300) = \frac{1,9}{6} = 0,317 \text{ кг/см}^2$$

$$C = 0,317 \text{ кг/см}^2 = 3,17 \text{ т/м}^2 = 31,7 \text{ кПа}.$$

Определение расчетного сопротивления грунта

При подборе размеров подошвы фундамента в соответствии с [10] среднее давление под подошвой фундамента от нормативных нагрузок не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания.

Расчетное сопротивление грунта основания определяется по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma}k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II}],$$

где γ_{c1} — коэффициент условий работы грунтов основания;

γ_{c2} — коэффициент условий работы сооружений совместно с основанием;

k — коэффициент надежности определения физико-механических характеристик грунтов основания;

$M_{\gamma} M_q M_c$ — коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения грунта несущего слоя основания;

k_z — коэффициент, зависящий от ширины подошвы фундамента;

b — ширина подошвы фундамента;

γ_{II} — среднее значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента;

γ'_{II} — то же, залегающих выше подошвы фундамента;

d_1 — глубина заложения подошвы фундамента;

d_b — глубина подвала;

C_{II} — удельное сцепление грунта основания.

В нашем случае имеем:

$\gamma_{c1} = 1,2, \gamma_{c2} = 1,0$, при $\frac{L}{H} = \frac{36,0}{6,5} = 5,7, k = 1,0$,
для $\varphi = 17^\circ: M_{\gamma} = 0,39, M_q = 2,57, M_c = 5,15$,
 $k_z = 1,0, b = 1,4$ м, $\gamma_{II} = 2,01 \cdot 9,81 = 19,7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$,

$d_1 = 2,2$ м, $\gamma'_{II} = 14,0 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$, $d_b = 0, C_{II} = 31,7$ кПа.

Тогда расчетное сопротивление грунта основания будет равно:

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} [0,39 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 19,7 + 2,57 \cdot 2,2 \cdot 14,0 + 0 + 0 + 5,15 \cdot 31,7] = 1,2(10,76 + 79,16 + 0 + 163,26) = 303,8 \text{ кПа.}$$

Оценка несущей способности основания с учетом изменения конструктивного решения покрытия

Необходимость изменения конструктивного решения покрытия вызвана тем, что существующая крыша с мягкой кровлей и внутренним водостоком за пятьдесят с лишним лет эксплуатации частично разрушена, частично некачественно выполнена часть водосточных труб. Система внутреннего водостока перестала удовлетворять эксплуатационным требованиям.

Изначально крыша была двускатной над каждым пролетом здания. После реконструкции и изменения конструктивного решения покрытия с использованием облегченных металлических конструкций крыша станет двускатной над всем зданием. Внутренний водосток ликвидируется, и отвод воды с крыши станет наружным неорганизованным. Старая крыша практически останется, а новая устраивается дополнительно. Нагрузки на фундамент возрастут. Проверим возможность устройства новой крыши без усиления фундамента и произведем сбор нагрузок (табл. 5).

Таблица 5

Сбор нагрузок

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кг/м ³
Существующее здание		
<i>Постоянные</i>		
1	Слой гравия, втопленный в мастику 15 мм	27,0
2	2 слоя стеклоткани на мастике	8,0
3	3 слоя рубероида на мастике	15,0
4	Асфальтовая стяжка 20 мм	36,0
5	Утеплитель — пенобетон 100 мм	50,0
6	Пароизоляция	5,0
7	Железобетонная плита покрытия	300,0
<i>Временные</i>		
8	Снеговая	126,0
9	На покрытие	75,0
Дополнительная нагрузка — новая крыша		
<i>Постоянные</i>		
10	Кровля металлическая по деревянной обрешетке из досок	24,0
11	Металлическая ферма	20,0
12	Бетонные столбики	26,0
13	Стойки каркаса	8,0
14	Распределительные балки	35,0
	ИТОГО	755,0

Собственный вес балки покрытия: $Q_6 = 4100,0$ кг

Собственный вес колонны: $Q_k = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 6,3 \cdot 2500 = 2520,0$ кг;

Собственный вес фундаментов: $Q_\phi = 1,4 \cdot 1,6 \cdot 2,2 \cdot 2000 = 9856,0$ кг;

Собственный вес ограждающих конструкций — стеновые панели из ячеистого бетона:

$$Q_{ст} = 0,24 \cdot 6,5 \cdot 6,0 \cdot 700 = 6552,0 \text{ кг};$$

Грузовая площадь для сбора нагрузок на колонну среднего ряда (наиболее нагруженного) равна:

$$A_k = 12,0 \cdot 6,0 = 72,0 \text{ м}^2.$$

Полная нормативная нагрузка на фундамент под среднюю колонну равна:

$$N_n = 755,4 \cdot 72,4 + 4100,0 + 2520,0 + 9856,0 + 6552,0 = 77400,0 \text{ кг} = 77,4 \text{ т} = 774 \text{ кН}.$$

$$p = \frac{N_n}{1,5 \times 1,8} = \frac{774,0}{2,7} = 287,0 \text{ кПа} < R = 303,4 \text{ кПа}.$$

Требования [10] удовлетворяются с небольшим запасом.

По данным П.А. Коновалова [11], А.Г. Роймана [12] и других исследователей [13], установлено, что для глинистых грунтов с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при длительной эксплуатации зданий (более 15 лет) значения характеристик расчетного сопротивления грунта основания R обычно увеличиваются за счет улучшения свойств грунтов при их уплотнении давлением зданий и могут несколько уменьшаться (в меньшей степени) в результате повышения влажности грунта в пределах пятна застройки.

Профессора Е.В. Поляков и В.К. Соколов [14], обобщая большой опыт реконструкции

зданий и сооружений, учитывая опрессовку грунта в процессе длительной эксплуатации, рекомендуют увеличивать расчетное сопротивление уплотненного грунта повышающими коэффициентами, которые зависят от соотношения фактического среднего давления под подошвой и расчетного сопротивления грунта природного состояния $P/R = 0,94$.

Таким образом, уплотнение грунтов под подошвой фундаментов в процессе длительной эксплуатации позволяет принять еще на 10–30% более высокое сопротивление грунта.

Основные выводы и рекомендации

1. Визуальные обследования фактического технического состояния несущих и ограждающих конструкций главного корпуса Каменских РЭС показали, что все они не имеют недопустимых деформаций, дефектов и разрушений, препятствующих нормальной эксплуатации, и находятся в удовлетворительном состоянии.
2. Проверочные расчеты основания с учетом изменения условий эксплуатации в связи со строительством новой крыши показали, что некоторое увеличение давления под подошвой фундамента не выходит за пределы требований СП 22.13330.2016.
3. Для исключения дальнейшего постоянного замачивания нижних стеновых панелей за счет капиллярного подсоса грунтовой влаги необходимо восстановить горизонтальную гидроизоляцию.
4. Изменения конструкции покрытия главного корпуса Каменских РЭС могут выполняться без усиления существующих фундаментов.

Литература

1. Золотозубов Д.Г. Реконструкция зданий и сооружений [Текст] / Д.Г. Золотозубов, М.А. Безгодков. — Пермь, 2014.
2. Чичкин А.Ф. Реконструкция сооружения посредством перепланировки и надстройки [Текст] / А.Ф. Чичкин, О.В. Хрянина // Моделирование и механика конструкций. — 2016. — № 3. — URL: http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.18/at_download/file/
3. Беляев Н.В. О разнообразии причин образования поврежденных несущих ограждающих конструкций [Текст] / Н.В. Беляев, В.В. Фурсов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 5. — С. 45–51.
4. Хрянина О.В. Анализ причин деформаций фундаментов и надфундаментных конструкций здания [Текст] / О.В. Хрянина // Современные наукоемкие технологии. — 2018. — № 11-1. — С. 72–77. — URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=37240> (дата обращения: 22.05.2019).
5. Чичкин А.Ф. Расчет оснований и проектирование фундаментов [Текст]: учеб. пособие / А.Ф. Чичкин, А.Н. Кузнецов, О.В. Хрянина. — Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012.
6. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Дата введения 2016-04-01 [Текст].

7. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Дата введения 2013-01-01 [Текст].
8. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. Актуализация: 05.05.2017 [Текст].
9. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Дата введения 2013-07-01 [Текст].
10. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Текст].
11. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий [Текст] / П.А. Коновалов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: ВНИИТПИ, 2000. — 318 с.
12. Ройтман А.Г. Предупреждение аварий зданий [Текст] / А.Г. Ройтман. — М.: Стройиздат, 1990. — 240 с.
13. Зурнаджи В.А. Усиление оснований и фундаментов при ремонте зданий [Текст] / В.А. Зурнаджи, М.П. Филатова. — М.: Стройиздат, 1970. — 96 с.
14. Соколов В.К. Модернизация жилых зданий [Текст] / В.К. Соколов. — М.: Стройиздат, 1986. — 151 с.

References

1. Zolotozubov D.G., Bezgodov M.A. *Rekonstrukciya zdaniy i sooruzhenij* [Reconstruction of buildings and structures]. Perm', 2014.
2. Chichkin A.F., Hryanina O.V. *Rekonstrukciya sooruzheniya posredstvom pereplanirovki i nadstrojki* [Reconstruction of the structure through redevelopment and superstructure]. *Modelirovanie i mekhanika konstrukcij* [Modeling and Mechanics of Structures]. 2016, I. 3. Available at: http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.18/at_download/file/
3. Belyaev N.V., Fursov V.V. O raznobrazii prichin obrazovaniya povrezhdenij nesushchih ograzhdayushchih konstrukcij [On the diversity of the causes of the formation of damage bearing enclosing structures]. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy]. 2013, I. 5, pp. 45–51.
4. Hryanina O.V. Analiz prichin deformacij fundamentov i nadfundamentnyh konstrukcij zdaniya [Analysis of the causes of deformations of foundations and above-foundation structures of the building]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technologies]. 2018, I. 11-1, pp. 72–77. Available at: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=37240> (accessed 22 May 2019).
5. Chichkin A.F., Kuznecov A.N., Hryanina O.V. *Raschet osnovanij i proektirovanie fundamentov* [Calculation of the grounds and design foundations]. Penza, PGUAS Publ., 2012.
6. *GOST 5180-2015. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh harakteristik. Data vvedeniya 2016-04-01* [GOST 5180-2015. Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics. Introduction date 2016-04-01].
7. *GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikaciya. Data vvedeniya 2013-01-01* [GOST 25100-2011. Soils. Classification. Introduction Date 2013-01-01].
8. *GOST 12248-2010. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya harakteristik prochnosti i deformiruемости. Aktualizaciya: 05.05.2017* [GOST 12248-2010. Soils. Laboratory methods for determining the characteristics of strength and deformability. Update: 05.05.2017].
9. *GOST 20522-2012. Grunty. Metody statisticheskoy obrabotki rezul'tatov ispytanij. Data vvedeniya 2013-07-01* [GOST 20522-2012. Soils. Methods of statistical processing of test results. Introduction date 2013-07-01].
10. *SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij. Aktualizirovannaya redakciya SNIp 2.02.01-83** [SP 22.13330.2016. Foundations of buildings and structures. Updated version of SNIp 2.02.01-83].
11. Kononov P.A. *Osnovaniya i fundamenti rekonstruirovannykh zdaniy* [Foundations and foundations of reconstructed buildings]. Moscow: VNIINTPI Publ., 2000. 318 p.
12. Rojtmann A.G. *Preduprezhdenie avarij zdaniy* [Prevention of building accidents]. Moscow: Strojizdat Publ., 1990. 240 p.
13. Zurnadzhi V.A., Filatova M.P. *Usilenie osnovanij i fundamentov pri remonte zdaniy* [Strengthening of the bases and bases at repair of buildings]. Moscow: Strojizdat Publ., 1970. 96 p.
14. Sokolov V.K. *Modernizaciya zhilykh zdaniy* [Modernization of residential buildings]. Moscow: Strojizdat Publ., 1986. 151 p.