

УДК 624

DOI 10.54734/20722958_2022_4_66

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Гарькин Игорь Николаевич,
доцент кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: igor_garkin@mail.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и математическое
моделирование»

E-mail: fmatem@pguas.ru

*Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова*

Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Клюев Сергей Васильевич,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Теоретическая механика
и сопротивление материалов»

*ООО «Современные строительные
решения»*

Россия, г. Пенза, ул. Аксакова, 38г

Саденко Денис Сергеевич,
главный инженер, кандидат технических
наук

E-mail: sadenko_d@list.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Garkin Igor Nikolaevich,
Associate Professor of the department
«Quality Management and Construction
Technologies»
E-mail: igor_garkin@mail.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor
of the department «Mathematics
and Mathematical Modeling»

E-mail: fmatem@pguas.ru

*Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov*

Russia, Belgorod, 46, Kostyukova St.

Klyuev Sergey Vasilyevich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the Department «Theoretical Mechanics and
Resistance of Materials»

LLC «Modern building solutions»

Russia, Penza, , 38g, Aksakova St.

Sadenko Denis Sergeevich,
Leading engineer, Candidate of Sciences
E-mail: sadenko_d@list.ru

ИЗ ОПЫТА ЭКСПЕРТИЗЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

И.Н. Гарькин, И.А. Гарькина, С.В. Клюев, Д.С. Саденко

На примере комплексного обследования здания в г. Новый Уренгой предлагаются методы технической экспертизы и мониторинга строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера. Учитывается неоднородность расположения элементов термостабилизации грунта под зданием, что затрудняет анализ и прогноз состояния грунтов. По данным натурных обследований и проведенных расчетов даются рекомендации по их дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: здания и сооружения, условия Крайнего Севера, мониторинг, техническая экспертиза, термостабилизаторы

FROM THE EXPERIENCE OF EXAMINATION CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH

I.N. Garkin, I.A. Garkina, S.V. Klyuev, D.S. Sadenko

Using the example of a comprehensive survey of a building in the city of Novy Urengoy, methods of technical expertise and monitoring of constructions of buildings and structures operating in the Far North are proposed. The heterogeneity of the location of the elements of thermal

stabilization of the soil under the building is taken into account, which makes it difficult to analyze and predict the state of the soil. According to field surveys and calculations, recommendations for their further operation are given.

Keywords: buildings and structures, conditions of the Far North, monitoring, technical expertise, heat stabilizers

Государством вкладываются значительные средства в развитие территорий Крайнего Севера. Это требует осуществления перманентного мониторинга и совершенствования методов обследования конструкций различных зданий и сооружений [1...5]. На примере выполнения комплексного обследования здания в г. Новый Уренгой даются рекомендации к проведению технической экспертизы конструкций зданий и сооружений, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера.

Эмпирические данные. Производилось обследование административного здания в г.Новый Уренгой (начало эксплуатации – 2001 г.). Здание четырехэтажное (4-й этаж – мансардный), прямоугольной формы – 81,6×13,8 м; объем строения – 8037 куб.м ($H=15$ м); объем гаража – 1579 куб.м ($H = 4,4$ м); кровля здания – профилированный лист по деревянной обрешетке; стены – керамзитобетонные блоки; фундаменты – железобетонные сваи, ростверк – железобетонный. Конструктивная схема обследуемой части здания – бескаркасная, с несущими стенами из керамзитобетона (легкий ячеистый бетон); состоит из 3 блоков, разделенных деформационными швами. Перекрытие выполнено из сборных железобетонных плит, образующих жесткую горизонтальную диафрагму, которая связывает несущие стены, обеспечивая пространственную жесткость всего здания. Имеются подпольное и чердачное помещения.

Сначала были проанализированы: паспорт здания, проектная документация, документации предыдущих обследований, протоколы испытаний отдельных конструктивных элементов. Далее составлялась и согласовывалась с заказчиком программа обследования: методика обследования, состав экспертной комиссии, используемые приборы и средства измерения; полевые работы – после утверждения программы обследования. Перед экспертной комиссией ставились вопросы, связанные с состоянием фундаментов, термостабилизаторов и термоскважин. Обследование проводилось инструментальным методом с использованием приборов для определения прочности бетона неразрушающими методами (ультразвуковым и тепловизионным). В конструктивной схеме фундаментов использовалось 283 сваи сечением 300×300 мм, соединенные в поперечном направлении монолитным ж/б ростверком; на него уложены плиты перекрытия подполья 5980×1490×220 мм (серия 1.141-1 «Панели перекрытий железобетонные многпустотные»); по внешней стороне – сборные ж/б балки.

Для оценки технического состояния выполнялись работы: визуальный осмотр поверхностей свай и ростверков на наличие видимых дефектов и повреждений; определение средней прочности бетона ультразвуковым методом; оценка несущей способности фундаментов; инструментальное тепловизионное исследование работоспособности термостабилизаторов грунта.

В ходе инструментального обследования производились расчеты с использованием программно-вычислительного комплекса SCAD: расчет сваи на сжимающую нагрузку (п. 7.2 СП 25.13330.2012); уровень ответственности сооружения – нормальный; коэффициент надежности по ответственности – 1.

Оказалось, что

$$F = F_u,$$

$$F_u = \gamma_t \cdot \gamma_c \cdot (R \cdot A + \sum_{i=1}^n R_{af,i} \cdot A_{af,i}) = 1 \cdot 0.971 \cdot (12000 \cdot 0.1256) = 1464 \text{ кН} = 149 \text{ т.}$$

По геологическим условиям:

$$R = 12 \text{ МПа} = 12000 \text{ кПа};$$

$$\begin{aligned}\gamma_t &= 1,15 \cdot (1 + v^2) - 1,61 \cdot v \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{\tau}{v}\right)} = \\ &= 1,15 \cdot (1 + 0,044^2) - 1,61 \cdot 0,044 \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{30}{0,044}\right)} = 0,971;\end{aligned}$$

$$v = \frac{0,45 \cdot \left[\frac{(T_{bf} - T_0')}{A} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot \sigma \cdot D_{m,e}}{T_{bf} - T_{m,e} - C \sqrt{(T_{bf} - T_{m,e})}} = \frac{0,45 \cdot \left[\frac{(-0,2 + 4,97)}{15,7} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot 1,49 \cdot 0,41}{-0,2 + 4,92 - 0,24 \sqrt{(-0,2 + 4,92)}} = 0,044;$$

$$T_{bf} = A - B \cdot (53 \cdot C_{ps} + 40C_{ps}^2) = -0,2 - 0 = -0,2^\circ\text{C};$$

$$\begin{aligned}T_0' = T_0 &= \frac{1}{t_y} \cdot \left[(T_{f,m} - T_{bf}) \cdot t_{f,m} + L_v \cdot d_{th,n} \cdot \left(\frac{d_{th,n}}{2\lambda_f} + R_s \right) \right] + T_{bf} = \\ &= \frac{1}{3,15 \cdot 10^7} \cdot \left[(-19 + 0,2) \cdot 2,134 \cdot 10^7 + 5,7 \cdot 10^7 \cdot 3 \cdot \left(\frac{3}{2 \cdot 1,67} + 0,57 \right) \right] - 0,2 = -4,97^\circ\text{C};\end{aligned}$$

$$L_v = 5,7 \cdot 10^7 \text{ Дж / м}^3 \text{ (принято по геологическим условиям);}$$

$$R_s = \frac{d_s}{s} = \frac{0,35}{0,61} = 0,57 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}};$$

$$\lambda_s = m_d \cdot (0,18 + 0,87 \cdot p_s) = 1,16 \cdot (0,18 + 0,87 \cdot 0,4) = 0,61 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$T_m = (T_0 - T_{bf}) \cdot \alpha_m \cdot k_{ts} + T_{bf} = (-4,97 + 0,2) \cdot 0,99 \cdot 1 - 0,2 = -4,92^\circ\text{C}.$$

Расчет сваи на выдергивающую нагрузку выполнен по п. 7.2 СП 25.13330.2012; расчетное сопротивление мерзлого грунта – по табл. В.3 СП 25.13330.2012 в соответствии с п 5.9 СП 25.13330.2012:

$$F_{du} = \gamma_t \cdot \gamma_c \cdot u \cdot \sum R_{af,i} \cdot h_i = 1 \cdot 0,971 \cdot 1,256 \cdot ((100 \cdot 3,8)) = 463 \text{ кН} = 47,2 \text{ т};$$

$$F_d = \frac{F_{du}}{\gamma_g} = \frac{47,2}{1,4} = 33,7 \text{ т}.$$

Сваи под зданием на выдергивающие усилия не работают; данные используются для анализа допустимого морозного пучения грунтов. Исходя из несущей способности сваи на выдергивание и сечения сваи, допустимая зона морозного пучения грунта принимается равной 3,3 м; при превышении этого значения появляется вероятность «выдергивания» сваи силами морозного пучения сезоннооттаивающих грунтов (зависит от уровня грунтовых вод на момент замерзания). Рекомендуется подсыпка из керамзита (толщиной 200 мм) в подполе (предохраняет грунты в основании от излишнего оттаивания в летний период и минимизирует риски «выдергивания» свай из грунта). Расчет фундаментов производился в ПК SCAD [6...8].

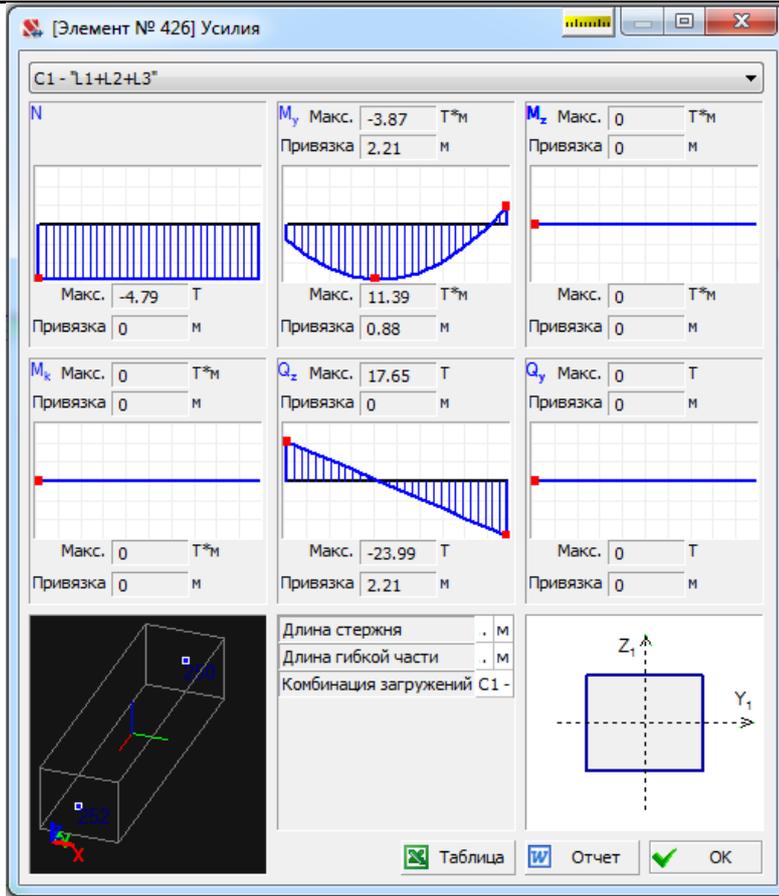


Рис. 5. Усилия в самом нагруженном элементе

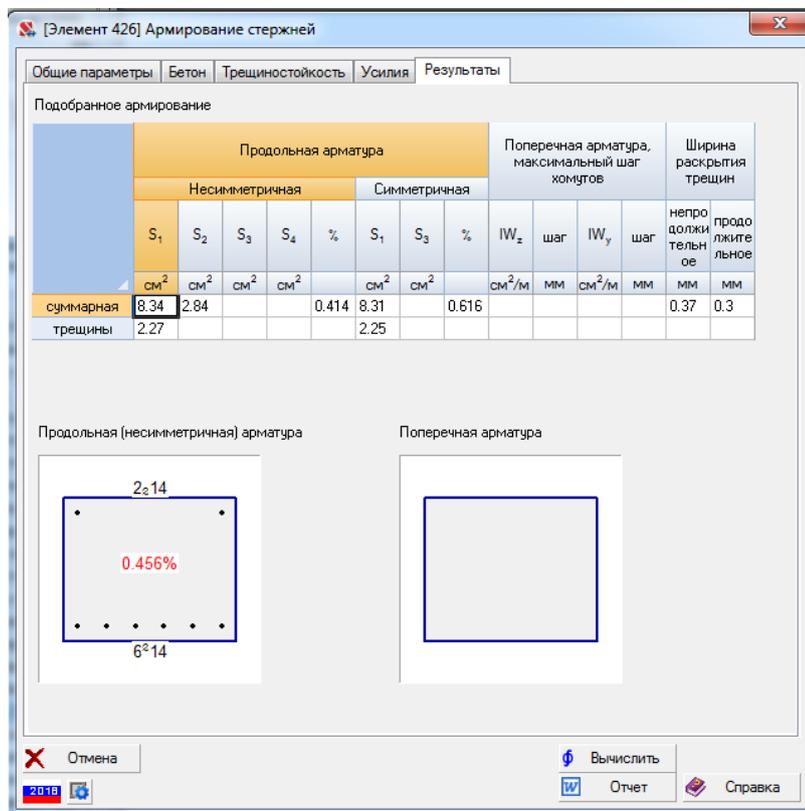


Рис. 6. Армирование наиболее нагруженного элемента

Как видим из рис. 1–6:

1) несущая способность свай фундамента обеспечена (допустимая нагрузка на сваю – 149 тс; максимальная нагрузка на сваю – 59,45тс); использование НС свай не превышает 40 %;

2) расчетное армирование ростверка не превышает конструктивного армирования, применяемого для подобного вида конструкций;

3) разница осадок ростверков не превышает 3мм и не превышает значений, установленных СП 22.13330.2016 «Основания и фундаменты» (обеспечивает прочность и устойчивость фундаментов);

4) конструктивное решение свайных фундаментов позволяет частично компенсировать и частично воспринять возможные силы морозного пучения сезоннооттаивающих грунтов основания; при нарушении мероприятий по компенсации сил морозного пучения (применяются рулонные гидроизолирующие материалы в верхней части свай) использование НС свай на «выдергивание» не превышает 75 %.

Рекомендации. По данным метеонаблюдений, за последнее десятилетие глубина оттаивания вечномерзлых грунтов увеличивается. Для сохранения глубины оттаивания грунтов рекомендуется понизить теплопроводность верхних слоев грунта. Возможны следующие методы:

– керамзитная засыпка толщиной не менее 200 мм в зоне устройства свайных фундаментов (не менее 2,5 м от крайних свай);

– замена верхнего слоя подбетонки («конвертовки») грунта утеплителем (жесткая базальтовая минеральная вата или экструдированный пенополистирол) толщиной 150 мм с последующей защитой утеплителя ж/б стяжкой толщиной 50-70 мм с «разуклонкой» от здания (минимальное расстояние от крайнего ряда свай до конца утеплителя – 2,5 м);

– сооружение системы заморозки грунтов в летнее время не рассматривается (экономически не эффективна).

Выявлены локальные нарушения защитных слоев бетона при выполнении монолитных ростверков. На момент обследования конструкции находятся в работоспособном состоянии. Рекомендуется обмазочная защита открытых элементов фундамента (в зонах видимого нарушения защитных слоев) битумной мастикой в 2 слоя.

Оценка работы термостабилизаторов здания. С учетом особенностей проектирования фундаментов по ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения», СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» особое внимание при визуально-инструментальном обследовании уделялось сезонно действующим охлаждающим устройствам, используемым при строительстве в криолитозоне. Принцип работы всех видов сезонно действующих охлаждающих устройств одинаков. Каждый из них состоит из герметичной трубы, в которой находится теплоноситель – хладагент (углекислота, аммиак и др.). Труба состоит из двух секций: одна размещается в земле (испаритель), вторая (радиаторная секция трубы) расположена на поверхности. Когда температура окружающей среды опускается ниже температуры земли, где залегает испаритель, пары хладагента начинают конденсироваться в радиаторной секции. В результате снижается давление, и хладагент в испарительной части начинает вскипать и испаряться. Этот процесс сопровождается переносом тепла из испарительной части в радиаторную. Упрощенная схема работы термостабилизатора приведена на рис. 7.

В результате проведения обследования фундаментов здания была составлена схема расположения термостабилизаторов. Также была произведена оценка их работоспособности методом тепловизионного контроля (рис. 8).

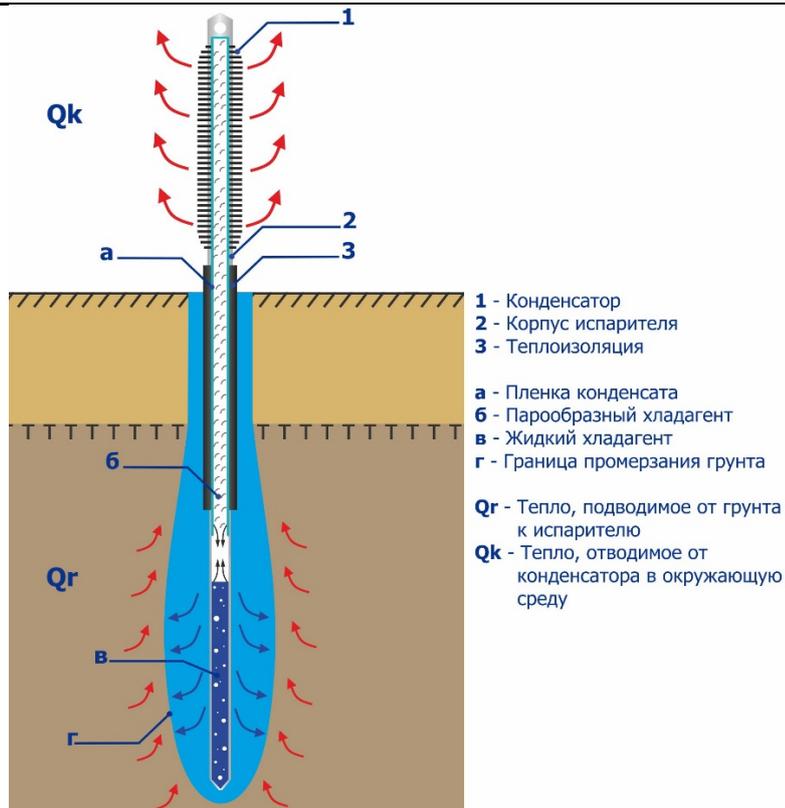


Рис. 7. Упрощенная схема работы сезонно действующего охлаждающего устройства (термостабилизатора)



Рис. 8. К оценке работоспособности термостабилизаторов (тепловизионное обследование)

Выводы:

- 1) имеющиеся термостабилизаторы не имеют видимых механических повреждений и следов коррозии металла;
- 2) тепловизионная съемка на всех участках подполья зафиксировала отличие температуры грунта от температуры термостабилизаторов в среднем от 3 до 6 градусов (свидетельствует об их работоспособности); не отводящие тепло от грунта термостабилизаторы не выявлены;
- 3) отмечена неоднородность расположения элементов термостабилизации грунта под зданием, не позволяющая проанализировать и спрогнозировать состояние грунтов в данных зонах, что может привести к недопустимому состоянию основания.

Список литературы

1. Скачков, Ю.П. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач / Ю.П. Скачков, А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 4–9.
2. Будылина, Е.А. Основы качественной и количественной оценки качества сложных систем иерархической структуры / Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Региональная архитектура и строительство. – 2021. – № 1 (46). – С. 77–85.
3. Куштин, В.И. Современные методы мониторинга деформаций зданий и сооружений / В.И. Куштин, А.А. Ревякин, В.А. Соколова, Н.Ф. Добрынин // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 11 (71). – С. 27–37.
4. Саденко, Д.С. Основы научно-технического сопровождения объектов капитального строительства / Д.С. Саденко, И.Н. Гарькин, М.В. Арискин // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 2 (51). – С. 89–95.
5. Жуйков, С.В. Эксергетический анализ здания как ключевого элемента системы теплообеспечения / С.В. Жуйков // Строительные материалы и изделия. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 23–40.
6. Корягина, С.А. Информатизация управления строительством как основа предотвращения техногенных аварий / С.А. Корягина // Строительные материалы и изделия. – 2021. – Т. 4, № 4. – С. 11–31.
7. Арискин, М.В. Анализ причин падения башенного крана на основе построения модели в SCAD 11.5 / М.В. Арискин, И.Н. Гарькин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-2. – С. 243–247.
8. Гарькин, И.Н. Методы усиления фундаментов гражданских зданий / И.Н. Гарькин, М.В. Глухова // Региональная архитектура и строительство. – 2018. – № 3 (36). – С. 130–135.

References

1. Skachkov, Yu.P. Modification of the pattern method for solving architectural and construction problems / Yu.P. Skachkov, A.M. Danilov, I.A. Garkina // Regional architecture and construction. – 2011. – №1. – P. 4–9.
2. Budylyna, E.A. Fundamentals of qualitative and quantitative assessment of the quality of complex systems of hierarchical structure / E.A. Budylyna, I.A. Garkina, A.M. Danilov // Regional architecture and engineering. – 2021. – №1 (46). – P. 77–85.
3. Kushtin, V.I. Modern methods of monitoring deformations of buildings and structures / V.I. Kushtin, A.A. Revyakin, V.A. Sokolova, N.F. Dobrynin // Engineering Bulletin of the Don. – 2020. – №11 (71). – P. 27–37.
4. Sadenko, D.S. Fundamentals of scientific and technical support of capital construction objects / D.S. Sadenko, I.N. Garkin, M.V. Ariskin // Regional architecture and engineering. – 2022. – №12 (51). – P. 89–95.
5. Zhuikov, S.V. Exergy analysis of the building as a key element of the heat supply system / S.V. Zhuikov // Building materials and products. – 2021. – Vol. 4, №3. – P. 23–40.

6. Koryagina, S.A. Informatization of construction management as the basis for the prevention of man-made accidents / S.A. Koryagina // Building materials and products. – 2021. – Vol. 4, 4. – P. 11–31.

7. Ariskin M.V., Garkin I.N. Analysis of the reasons for the fall of a tower crane based on the construction of a model in SCAD 11.5 / M.V. Ariskin, I.N. Garkin // Fundamental research. – 2016. – №10–2. – P. 243–247.

8. Garkin, I.N. Methods of strengthening the foundations of civil buildings / I.N. Garkin, M.V. Glukhova // Regional architecture and engineering. – 2018. – № 3 (36). – P. 130–135.