

УДК 624.131.3

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ АЭС НА ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

© 2020 г. П. И. Кашперюк\*

ООО НПФ “Специальные Изыскания для Высотного Строительства” (ООО НПФ “СИВС”),  
ул. Архитектора Власова, д.45А, Москва, 117393 Россия

\*E-mail: npf-sivs@yandex.ru

Поступила в редакцию 14.10.2019 г.

После доработки 18.10.2019 г.

Принята к публикации 18.10.2019 г.

В статье рассмотрены актуальные проблемы инженерно-геологических, геоэкологических и геотехнических исследований грунтов оснований основных сооружений АЭС для разработки обоснования возможности их безопасной эксплуатации на дальнейший сверхнормативный срок в современных, фактически сформировавшихся инженерно-геологических условиях. Установлено, что строительство и эксплуатация таких уникальных сооружений, как реакторный блок, машинное отделение, блочные насосные станции, оказывают наиболее экстремальные в строительной практике воздействия на грунты основания этих сооружений. Такими воздействиями являются высокие нормальные давления, высокочастотная вибрация и повышенные температуры на подошве фундаментной плиты. Отмечается, что синергетический эффект подобных воздействий, в большинстве случаев, приводит к неравномерным осадкам грунтов оснований и критическим кренам здания атомного реактора. Обосновывается необходимость разработки специальных методов исследований непосредственных грунтов оснований подобных сооружений, подверженных длительному влиянию отмеченных экстремальных техногенных воздействий и методики достоверного и надежного прогноза свойств грунтов основания подобных объектов еще на стадии разработки проекта.

**Ключевые слова:** *грунты основания, экстремальные воздействия, объекты АЭС, инженерно-геологические условия, специальные инженерно-геологические исследования*

DOI: 10.31857/S0869780920010068

Известно, что большинство АЭС в нашей стране построено в 1970–1980 гг. Поэтому в настоящее время у многих из них заканчивается проектный срок эксплуатации основных несущих конструкций наиболее ответственных сооружений, а именно: реакторных блоков и машинных отделений. В связи с этим перед эксплуатирующими службами в практическом плане весьма актуальна задача возможного продления срока их эксплуатации.

Анализ обследования технического состояния несущих конструкций основных инженерных сооружений, включая эксплуатируемое оборудование и инженерные сети, выполненного рядом специализированных организаций, позволяет заключить, что основные несущие конструкции отмеченных зданий и сооружений, несмотря на окончание проектных сроков их эксплуатации, находятся в рабочем, нормальном состоянии. Дальнейший срок их эксплуатации может без каких-либо рисков быть продлен еще, как минимум, на 5–10 лет.

Таким образом, в практической плоскости сегодня первостепенной становится задача обоснования

возможности безопасной эксплуатации существующих энергоблоков АЭС на весь период их дополнительной эксплуатации в фактически сформировавшихся новых геотехнических и геоэкологических условиях.

Систематический геодезический мониторинг наиболее ответственных сооружений на целом ряде АЭС (Балаковская, Калининская, Ровенская и др.) показывает, что независимо от типов фундаментов зданий атомных реакторов (плитный, свайно-плитный или свайный) в большинстве случаев на них сформировались крены за счет неравномерных осадок разных частей фундаментов энергоблоков. К настоящему времени крены и осадки некоторых зданий реакторных блоков близки к критическим или даже превысили их в отдельных случаях. При этом крены зданий реакторов, чаще всего, направлены в сторону машинных отделений. Здесь следует отметить, что существующие осадки и соответственно крены зданий в основном сформировались в первой половине срока эксплуатации реакторных отделений, а в последние 10–15 лет практически прекратились. Каких-либо серьезных работ по устранению

неравномерных осадок грунтов оснований кроме компенсирующих пригрузок не проводилось.

Практика строительства большинства ответственных зданий и сооружений (I и II уровень ответственности) в нашей стране в наиболее сложных инженерно-геологических условиях (III геотехническая категория) показывает, что заложенные проектом расчетные значения величин осадок таких объектов в процессе их строительства и эксплуатации в действительности крайне редко достигают критических величин, а чаще всего, в 90% и более случаев не достигают 1/3 предусмотренных проектом величин осадок [1–3]. С другой стороны, в своей докторской диссертации С.Н. Сотников показал, что при строительстве фундаментов на слабых (недоуплотненных) грунтах зависимость обратная, т.е. фактические осадки часто превышают прогнозные расчетные значения, предусмотренные проектом [2]. Возникает вопрос, чем обусловлены критические величины осадок грунтов основания под атомными реакторами ряда АЭС, ведь все они построены не на слабых дисперсных грунтах.

Рассмотрим ряд характерных для АЭС конструктивных особенностей и технологических воздействий на грунты основания под наиболее ответственными зданиями и сооружениями (под реакторами, паротурбинными цехами, блочными насосными станциями (БНС)).

Исследование конструктивных и технологических воздействий основных объектов АЭС показывает, что такие объекты, как здания атомного реактора и парогенератора, цеха по выработке электроэнергии паротурбинами (механического цеха), БНС, создают экстремальные в строительной практике воздействия на грунты основания, не встречающиеся ни в одном из известных в строительстве эксплуатируемых сооружений. Прежде всего, это крайне высокие нормальные давления на подошве плитных фундаментов, достигающие значений 0.9–1.0 МПа под зданием реактора и до 0.6–0.7 МПа в механических отделениях. Другой фактор воздействия на грунты основания под реакторами – крайне высокая температура на подошве фундаментной плиты, которая как правило достигает здесь 60–65°C.

В настоящей статье мы не будем рассматривать влияние огромных объемов, сбрасываемых в водоем (водообменник, которым, как правило, служит озеро) вод, температура которых, даже в зимнее время, может достигать 38°C.

Нельзя не учитывать работу энергогенерирующих турбин в механических цехах и сверхмощных водяных центробежных насосов в зданиях БНС и механических цехах, вызывающую высокочастотные (1000–1500 оборотов в минуту) вибрационные воздействия на грунты основания соответствующих сооружений.

Поиск материалов в отечественных и зарубежных публикациях последних десятилетий указывает на полное отсутствие работ в грунтоведении, инженерной геологии, геотехнике, геоэкологии, направленных на изучение влияния подобных экстремальных воздействий объектов АЭС на грунты их оснований. Следует отметить, что в литературе отсутствуют сведения о каком-либо из указанных видов воздействия на грунты основания (сверхвысокие нормальные давления, высокие температуры, высокочастотная вибрация), не говоря уже об их синергетическом воздействии на грунты, как это имеет место в нашем случае. Отсутствие подобных исследований в нашей стране, по-видимому, связано, с одной стороны, с непредоставлением техническим руководством РосАтома допуска к земляным работам (буровым, полевым испытаниям грунтов) в непосредственной близости от самых ответственных сооружений по принципу “а вдруг навредят”, а с другой – с секретностью режимного предприятия и стремлением администрации недопущения утечки и распространения необоснованной негативной информации о работе АЭС.

Возможно, что в ряде стран работы по изучению воздействия работающих АЭС на геоэкологические условия окружающих территорий могут быть засекречены (для служебного пользования). Однако все это не снижает остроту вопроса, связанную, с одной стороны, с выявлением причин неравномерных деформаций сооружений энергоблоков, а с другой – необходимостью разработки методики надежного прогноза осадки системы “фундамент–основание” подобных сооружений еще на стадии проектирования.

Учитывая уникальность названных сооружений и их высочайшую безопасность, применение обычных методов инженерно-геологических и геотехнических исследований грунтов их непосредственных оснований в период эксплуатации, в большинстве случаев малоэффективно или даже не допустимо, и требуется разработка специальных методик подобных исследований. В частности, для исследования грунтов непосредственного основания, подверженных многолетним экстремальным воздействиям при эксплуатации энергоблоков АЭС, необходимы монолиты этих грунтов, которые могут быть получены только в результате наклонного бурения скважин под фундаментную плиту. Лабораторные исследования полученных подобным образом образцов грунтов требуют нестандартного оборудования с обязательной ориентацией образцов, вырезаемых из монолитов. Необходимы обязательные испытания грунтов на виброползучесть при различных нагрузках и температурных режимах и др.

Невозможность проведения прямых полевых методов испытания грунтов непосредственного основания таких объектов требует дополнитель-

ного бурения обычных инженерно-геологических скважин вблизи сооружений, полевого (статическое зондирование, прессиометрия и статические нагрузки на штамп) и лабораторных испытаний этих грунтов для возможности выявления корреляционных зависимостей результатов полевых и лабораторных испытаний и интерполяции их на грунты непосредственного основания сооружений. Помимо анализа результатов многолетних режимных наблюдений за температурой подземных вод, необходимы теплофизические характеристики и, как минимум, одноразовые измерения среднегодовых температур грунтов основания во всех вновь пробуренных скважинах и точные замеры температуры поднимаемых кернов для определения характера и динамики существующих температурных полей в пределах исследуемых территорий и их воздействия на формирование основных физико-механических свойств грунтов.

Таким образом, установление в процессе инженерных изысканий фактических инженерно-геологических и геотехнических условий в пределах всего участка, подверженного влиянию основных сооружений АЭС (реакторного и машинного отделения, энергоблоков, насосных станций и т.п.), позволит установить закономерности трансформации грунтов основания при много-

летнем влиянии на них экстремальных техногенных воздействий подобных объектов.

Кроме того, выявленные закономерности трансформации основных свойств грунтов основания должны быть положены в основу разработки более обоснованной и, соответственно, надежной методики прогноза изменения свойств грунтов основания подобных объектов и их возможных осадок уже на стадии разработки проектной документации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кашперюк П.И., Лаврусевич А.А., Никитина К.В., Крашенинников В.С.* Проектные решения в современном фундаментостроении: функция прогноза работы системы “основание-фундамент” // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 12. С. 49–54.
2. *Сотников С.Н., Симагин В.Г., Вершинин В.П.* Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений (опыт строительства в условиях Северо-Запада СССР) / Под ред. С.Н. Сотникова. М.: Стройиздат, 1986. 96 с.
3. *Чернышев С.Н., Мартынов А.М.* Влияние погрешности инженерно-геологических изысканий на точность расчета осадки одиночного фундамента // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 5. С. 81–85.

## INFLUENCE OF THE NPP OBJECTS OPERATION MODE ON THE FORMATION OF FOUNDATION SOIL PROPERTIES

P. I. Kashperyuk<sup>#</sup>

*NPF SIVS LLC, ul. Arkhitekтора Vlasova 45a, Moscow, 117393 Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: npf-sivs@yandex.ru*

The article reviews current issues in engineering-geological, geocological and geotechnological studies of the foundation soils at the NPP main facilities in order to develop the further safe operation of the latter for a long period of time. It has been established that construction and operation of such unique facilities as a reactor block, engine house and unit pump stations affect their foundation soil in the most extreme way during the construction. The impacts could be the following: a high pressure at right angles, high-frequency vibration and elevated temperatures on the foundation baseplate. It is emphasized that most often the synergistic effect of such impacts leads to differential settlement of foundation soil and a critical tilt of the nuclear reactor building. The article justifies that the development of special research methods is needed for the foundation soils under such facilities, which are exposed to the mentioned extreme human-induced impact for a long time.

**Keywords:** *foundation soil, extreme impact, NPP facilities, geological profile, special engineering-geological exploration*

## REFERENCES

1. *Kashperyuk, P.I., Lavrusевич, A.A., Nikitina, K.V., Krasheninikov V.S.* *Proektnye resheniya v sovremennom fundamentostroenii: funktsiya prognoza raboty sistemy “osnovanie-fundament”* [Design solutions in modern foundation engineering - the function of forecasting the operation of the “Soil-Foundation” system]. *Industrial and Civil Engineering*. 2018, no. 12, pp. 49–54. (in Russian)
2. *Sotnikov, S.N., Simagin, V.G., Vershinin, V.P.* *Proektirovanie i vozvedenie fundamentov vblizi sushchestvuyushchih sooruzhenij (opyt stroitel'stva v usloviyah Severo-Zapada SSSR)* [Design and construction of foundations near existing structures (construction experience in the North-West of the USSR)]. S.N. Sotnikova (ed.), Moscow, Stroyizdat, 1986, 96 p. (in Russian)
3. *Chernyshev, S.N., Martynov, A.M.* *Vliyanie pogreshnosti inzhenerno-geologicheskikh izyskanij na tochnost' rascheta osadki odinochnogo fundamenta* [Influence of inaccuracies in engineering-geological surveys on the accuracy of calculation of a single foundation]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018, no 5, pp. 81–85. (in Russian)