

Ж. Ж. Тургазы^{1,2}, Н. Н. Кобелева¹, З. Б. Бексултанова², И. С. Утебалиев³*

Геодезический мониторинг при наблюдениях за осадками и деформациями нижних фундаментных плит турбогенераторов ГРЭС

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Коммунальное государственное казенное предприятие «Высший колледж геодезии и картографии» управления образования области Абай г. Семей, Республика Казахстан

³ АО «АО Станция Экибастузская ГРЭС-2»

* e-mail: zturgazin@mail.ru

Аннотация. В мире энергетики сегодня одним из наиболее важных вопросов является обеспечение надежности и безопасности работы энергетических установок, в частности, турбогенераторов. Эти устройства, играющие ключевую роль в производстве электроэнергии, устанавливаются на фундаментных плитах, которые подвержены воздействию различных нагрузок и внешних факторов. Изучение осадок и деформаций является ключевым аспектом в обеспечении долговечности и безопасности энергетических установок. В статье приводятся результаты проведения геодезического мониторинга при наблюдениях за осадками и деформациями нижних фундаментных плит турбогенераторов тепловой электростанции АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2». Данные исследования включают в себя контрольный цикл высокоточного геометрического нивелирования осадочных марок, установленных на колоннах каркасов фундаментов. На основе полученных данных были сформулированы рекомендации по оптимизации геодезического мониторинга.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, осадки и деформации, геометрическое нивелирование, ГРЭС, турбогенератор, контрольно-измерительная аппаратура

Zh. Zh. Turgazy^{1,2}, N. N. Kobeleva¹, Z. B. Beksultanova², I.S. Utebaliyev³*

Geodetic monitoring during observations of settlements and deformations of the lower foundation slabs of turbogenerators at state district power plants

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Communal state-owned enterprise "Higher College of Geodesy and Cartography" of the Department of Education of the Abai region, Semey, Republic of Kazakhstan

³ JSC "JSC Ekibastuzskaya GRES-2 Station"

* e-mail: zturgazin@mail.ru

Abstract. In the world of energy today, one of the most important issues is ensuring the reliability and safety of power plants, in particular turbogenerators. These devices, which play a key role in power generation, are installed on foundation slabs that are subject to various loads and external factors. Detailed study of settlements and deformations is a key aspect in ensuring the durability and safety of power plants. The article presents the results of geodetic monitoring during observations of precipitation and deformations of the lower foundation slabs of turbogenerators of the thermal

power plant of Ekibastuz State District Power Plant-2 JSC. These studies include a control cycle of high-precision geometric leveling of sedimentary marks installed on the columns of foundation frames. Based on the data obtained, recommendations were formulated for optimizing geodetic monitoring.

Keywords: geodetic monitoring, precipitation and deformation, geometric leveling, state district power station, turbogenerator, instrumentation

Введение

В условиях современного мира, где стремительное развитие технологий и растущее население ставят перед человечеством все более сложные задачи, энергетические комплексы играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития и благополучия нашей планеты. Развитие энергетической отрасли представляет собой неотъемлемую часть современной глобальной экономики и имеет прямое воздействие на множество аспектов нашей жизни, включая экологию, экономику, геополитику и социальное благополучие.

Энергетическая отрасль включает в себя разнообразные сегменты, которые связаны с производством, передачей, распределением и потреблением энергии и включают в себя широкий перечень промышленных предприятий (электростанции, теплосети и котельные, нефтеперерабатывающие заводы и газоперерабатывающие предприятия, угольные шахты и угольные обогатительные заводы и др.). Каждая страна имеет свой уникальный набор энергетических предприятий в соответствии с её энергетическими ресурсами, инфраструктурой и экономикой.

Обеспечение нормальной эксплуатации инженерных сооружений и оборудования и принятие своевременных профилактических мер при выявлении недопустимых изменений положения всего объекта или отдельных его частей является одной из задач геодезического мониторинга [1]. При проведении мониторинга проводится диагностика деформаций и любых изменений на исследуемых объектах, выявление причин их появления, прогноз изменения и развития, разрабатываются меры для устранения нежелательных последствий [2 – 7].

В связи с разнообразием и уникальностью объектов энергетической отрасли, геодезический мониторинг должен учитывать особенности работы объекта, его расположение, конфигурацию наблюдаемых зданий и сооружений. Исходя из этого, определяется точность, периодичность мониторинга, разрабатываются программы и методы наблюдений, назначается количество измеряемых параметров [2, 4].

Рассмотрим проведение геодезического мониторинга при наблюдении за осадками и деформациями нижних фундаментных плит турбогенераторов на примере АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2».

Методы и материалы

Экибастузская ГРЭС-2 рис. 1 – тепловая электростанция в Павлодарской области, городе Экибастузе. Строительство на площадке Экибастузской ГРЭС-2 началось в 1979 году. Станция состоит из двух энергоблоков № 1, 2 с турбоагрегатами К-500-240-4 ЛМЗ + ТВВ-500 «Электросила» и котлами Пп-1650-250-545/545 (П-57Р) ЗИО-Подольск. Энергоблоки введены в эксплуатацию в 1990 и 1993 г. В качестве

топлива используют высокозольные угли Экибастузского угольного бассейна. Оба блока мощностью по 500 МВт каждый. Суммарный объем установленной мощности до 1000 МВт, располагаемая - 940 МВт. Дымовая труба, возведенная в 1987 г., имеет высоту 420 м. Диаметр трубы у основания 44 м, диаметр устья – 14,2 м.



Рис. 1. Общий вид АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2»

Геодезические измерения на электростанциях производятся с периодичностью, предусмотренной проектной документацией. Как правило, циклы измерений приурочены к завершению ответственных этапов строительства, связанных с увеличением нагрузки на грунты основания. В период эксплуатации установлена следующая периодичность: в первые два года – два цикла измерений, в дальнейшем (до стабилизации осадок) – один цикл в год. После стабилизации осадок (1 мм в год и менее) измерения выполняют раз в пять лет [4 – 8].

Основным методом измерения вертикальных перемещений является точное геометрическое нивелирование. Измерения превышений на станциях рекомендуется выполнять с соблюдением равенства плеч. При значительной концентрации осадочных марок на объекте допускается часть их наблюдать веерным способом тригонометрическим нивелированием [2, 4, 9 – 11].

Данные исследования включают в себя контрольный цикл высокоточного геометрического нивелирования осадочных марок, установленных на колоннах каркасов фундаментов на отметке +0,6 м турбогенераторов ТГ-1 и ТГ-2 АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2». Временной интервал всего периода наблюдений составил 22 года. Предыдущие измерения были выполнены три года назад. В настоящий цикл наблюдений также были включены все существующие репера с целью проверки устойчивости исходной высотной основы, с включением марок, использовавшиеся для проложения высокоточных нивелирных ходов, соединявших репера.

Геодезическая контрольно-измерительная аппаратура (КИА) станции представлена тремя реперами и, приблизительно, пятьюстами осадочными марками, установ-

ленными на фундаментах оборудования, колоннах каркаса зданий и сооружений, опорах эстакад. Количество измерительного оборудования в разные годы менялось. Репера Рп-1 и Рп-2 располагаются в районе постоянного торца главного корпуса и конструктивно относятся к грунтовым реперам. Рп-4 - стеной репер, установленный на стволе дымовой трубы № 2. Осадочные марки, в основном, представлены типовой маркой с защитной крышечкой рис. 2. Такая конструкция при должном уходе обеспечивает длительную сохранность наблюдаемой головки марки.



Рис. 2. Осадочная марка с защитным колпачком

Цикл высокоточного нивелирования выполнялся по осадочным маркам расположенных на колоннах фундаментов плит турбогенераторов на отметке +0,6 м рис.3. На рисунке Рп-1, Рп-2 и Рп-4- составляют исходную высотную основу.

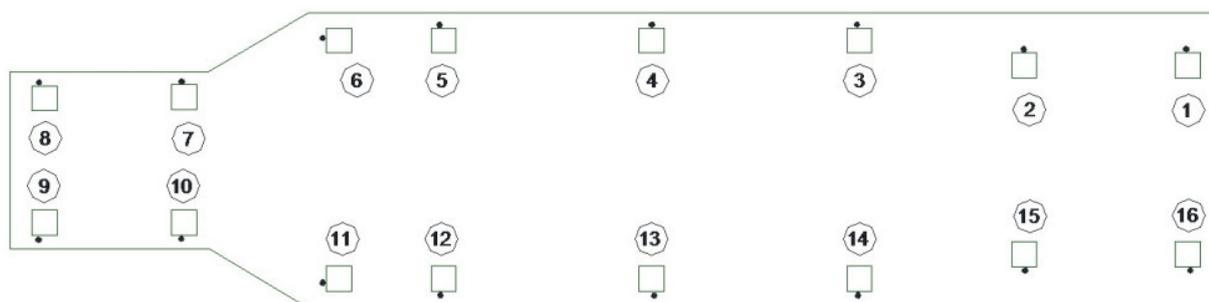


Рис. 3. Места расположения и нумерация осадочных марок

Нижние фундаментальные плиты турбогенераторов представляют собой массивные бетонные или железобетонные конструкции, которые служат основанием для установки турбин и генераторов в электростанциях. Они предназначены для поддержания и устойчивой фиксации тяжелых оборудований, таких как турбины и генераторы, обеспечивая оптимальную равномерную распреде-

ленную нагрузку на грунт и предотвращая деформацию или динамические колебания от работы оборудования.

Эти фундаментальные плиты обычно имеют сложную конструкцию с учетом специфических требований к нагрузке и стабильности, которые необходимы для обеспечения безопасности и эффективности работы турбогенераторов. Они часто оснащены арматурой и растровой системой усиления для повышения прочности и устойчивости, а также для минимизации риска повреждений от динамических нагрузок и внешних воздействий. Нижние фундаментальные плиты турбогенераторов являются важными элементами в обеспечении стабильной и безопасной работы электростанций, особенно в случае больших мощностей и высоких нагрузок.

Результаты

Для вычисления взаимного высотного положения осадочных реперов, были проложены высокоточные нивелирные хода, замкнутые в полигоны. До репера Рп-4 был проложен двойной нивелирный ход (прямо и обратно). Все полученные данные были включены в каталог. Уравнивание нивелирной сети производилось по способу профессора В.В. Попова.

После уравнивательных вычислений был составлен каталог отметок уравнивания нивелирных ходов по осадочным маркам, расположенных на фундаментах зданий, сооружений и оборудования ГРЭС-2 и вычислены приращения осадок за весь период наблюдений и за последний цикл, а также абсолютные значения осадок фундаментов.

Результаты мониторинговых наблюдений, полученные по определению осадок, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения осадок фундаментных плит

№	Параметры	Нижняя фундаментная плита	
		ТГ-1	ТГ-2
1	Обнаружено число марок	5 из 16 31%	12 из 16 75%
2	Осадка за последние три года	от минус 0,4 до минус 1,6 мм	от 0 до минус 1,4 мм
3	Осадка за весь период наблюдений	-	Колонна №5 - 24,8 мм
4	Дополнительные сведения	На колоннах № 5, 6, 7, 10, 11 и 12 установлено воздухонагревательное оборудование, мешающее проведению измерительных работ. Тепловыделяющие элементы необходимо перенести ниже уровня осадочных марок. Под осадочной маркой № 16 нет напольного перекрытия. Осадочная марка № 1 закрыта кожухом.	Осадочная марка № 7 была повреждена и требует замены или восстановления. На колонне № 4 по неизвестным причинам установлены две осадочные марки. В данном цикле наблюдалась ранее не использовавшаяся в измерениях марка. Предположительно, марка была закрыта оборудованием и её продублировали.

Анализируя проверку устойчивости реперов исходной высотной основы, можно сделать следующие выводы.:

- за последние три года репера Рп-1 и Рп-2 получили осадку в минус 3,74 и минус 2,66 мм соответственно;
- суммарная осадка репера Рп-1 за весь период наблюдений составила величину минус 28,42 мм;
- суммарная осадка репера Рп-2 за весь период наблюдений равна значению минус 22,65 мм.

Эти значения намного больше нормальной осадки грунтового репера за период стабилизации. Также нужно заметить, что обычно период стабилизации репера после его установки занимает один год. С момента установки этих реперов прошло достаточно времени, а стабилизация реперов так и не наступила. Это, в свою очередь, может говорить как о неверной конструкции реперов, так и о неудачном месте их заложения [6 – 9].

По результатам наблюдений последнего цикла построена общая схема деформаций рис. 4.

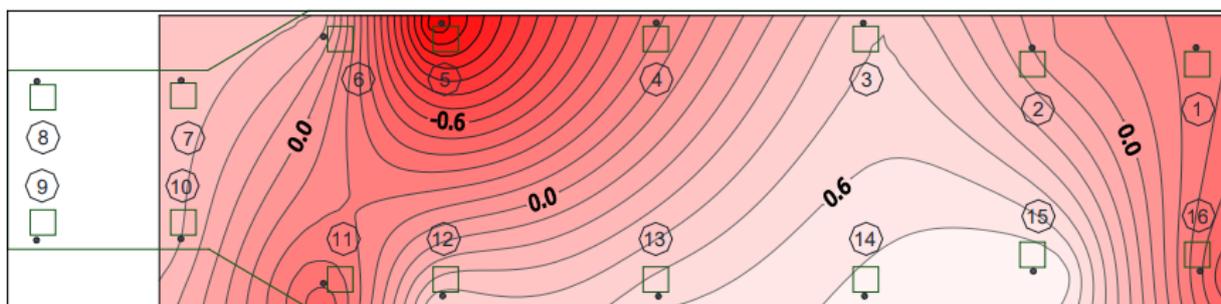


Рис. 4. Общая схема деформаций

Наибольшую осадку (минус 1,4 мм) получила колонна № 5. Общая деформация этой колонны за весь период наблюдений составила минус 24,8 мм, что не превышает общие осадки других колонн, величины которых находятся в промежутке от минус 23 до минус 26 мм. Остальные колонны имеют значения отклонений в пределах точности измерений. Результаты данных исследований не превышают допустимых и не могут негативно влиять на работу оборудования.

Заключение

Проведенное исследование по определению осадок и деформаций нижних фундаментных плит турбогенераторов подчеркивает важность геодезического мониторинга и анализа состояния этих ключевых элементов энергетических установок. На основе полученных данных были сформулированы рекомендации по оптимизации геодезического мониторинга:

- осадки и деформации, произошедшие за последние три года на фундаментных плитах ТГ-1 и ТГ-2, не превышают допустимых и не несут никакой угрозы для работы оборудования;

– рекомендуется произвести закладку как минимум двух дополнительных реперов;

– на обоих фундаментах турбоагрегатов необходимо провести мероприятия по восстановлению доступности осадочных марок.

Осадки и деформации могут иметь серьезные последствия на работоспособность и безопасность турбогенераторов, и, следовательно, их своевременное выявление и устранение являются неотъемлемой частью обеспечения стабильной работы энергосистем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Геодезический мониторинг зданий и сооружений: монография / В.В. Симонян, Н.А. Шмелин, А.К. Зайцев; под ред. В.В. Симоняна; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. Москва: НИУ МГСУ, 2015. 144 с.

3. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. МДС 13-22.2009 / ООО «ТЕКТОПЛАН». – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 76 с.

4. Беспалов Ю. И., Дьяконов Б.П., Терещенко Т.Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 8–10.

5. Сексембаев С. Т., Кобелева Н. Н., Никонов А.В. «Особенности геодезического мониторинга при наблюдении за осадками зданий и сооружений объектов энергетики в период строительства» // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. Т.1. №2 – С. 39-47.

6. РД 34 РК.21.322-02. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадками фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций Республики Казахстан. Астана, 2002 г.

7. СО 153-34.21.322-2003 «Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039729>

8. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: СО 153-34.20.501–2003. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2012. – 336 с.

9. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. (14-е издание) М., Энергоатомиздат, 1989 г.

10. Геодезический контроль сооружений и оборудования в процессе строительства и эксплуатации. (Сибирская геодезическая академия. Б.Н.Жуков. Новосибирск, 2000 г.).

11. ГКИНП (ГНТА)-03-010-03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов.

© Ж. Ж. Тургазы, Н. Н. Кобелева, З. Б. Бексултанова, И. С. Утебалиев, 2024