УДК 624.07.042.4 DOI: 10.33622/0869-7019.2020.12.46-50

Влияние климатических условий на развитие дефектов строительных конструкций зданий

Николай Николаевич СКУРИДИН[1], директор Центра технологии строительства, обследования зданий и сооружений, e-mail: skuridinnn@niitnn.transneft.ru

Евгений Юрьевич СЕРГЕЕВЦЕВ[1], кандидат технических наук, зам. зав. лабораторией обследования объектов трубопроводного транспорта, e-mail: sergeevtsevey@niitnn.transneft.ru

Виктор Владимирович ГРАНЕВ[2], доктор технических наук, профессор, зам. генерального директора, научный руководитель, e-mail: cniipz@cniipz.ru

Николай Николаевич ТРЕКИН[2], доктор технических наук, профессор, начальник отдела конструктивных систем № 1, e-mail: otks@yandex.ru

Иван Александрович ТЕРЕХОВ[2], кандидат технических наук, зав. сектором отдела конструктивных систем № 1, e-mail: terekhov-i@mail.ru

[1] ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»), 117186 Москва, Севастопольский просп., 47а

[2] АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений» (ЦНИИПромзданий), 127238 Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2

Аннотация. *Рассмотрено влияние ветровой и снеговой нагрузок на образование и развитие дефектов конструкций ввиду эксплуатации объектов в зонах с различной интенсивностью нагрузок и воздействий. За период 2015—2018 гг. проведено обследование более 3000 зданий, что позволило накопить информацию, достаточную для статистической обработки. В рамках исследовательской работы проведен анализ количества дефектов на одно здание в зависимости от его срока службы, а также от ветрового и снегового районов, которые указаны на момент обследования объекта строительства. Дефекты, полученные на этапе монтажа конструкций, были исключены из выборки, а учитывались только те дефекты, которые возникли в процессе эксплуатации зданий от воздействия ветровой и снеговой нагрузок. Полученная база данных была обработана, а сводные данные разбиты на периоды эксплуатации 0—5, 5—15, 15—25, 25—35, 35—45 и 45—55 лет. Получены зависимости накопления дефектов конструкций от срока эксплуатации при действии ветровой и снеговой нагрузок. Отмечены периоды накопления дефектов и периоды проведения текущего и капитального ремонтов. Приведены направления дальнейших исследований по определению скорости накопления дефектов конструкций от срока эксплуатации зданий.*

Ключевые слова: *обследование зданий, техническое состояние, дефекты строительных конструкций, климатические условия, эксплуатация, снеговой район, ветровой район.*

INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF DEFECTS IN BUILDING STRUCTURES

Nikolay N. SKURIDIN[1], e-mail: skuridinnn@niitnn.transneft.ru

Evgeny Yu. SERGEEVTSEV[1], e-mail: sergeevtsevey@niitnn.transneft.ru

Victor V. GRANEV[2], e-mail: cniipz@cniipz.ru

Nikolay N. TREKIN[2], e-mail: otks@yandex.ru

Ivan A. TEREKHOV[2], e-mail: terekhov-i@mail.ru

[1] Research Institute of Pipeline Transport, Sevastopolsky prospekt, 47a, Moscow 117186, Russian Federation

[2] Central Scientific Research and Project Experimental Institute of Industrial Buildings and Constructions, Dmitrovskoe shosse, 46, korp. 2, Moscow 127238, Russian Federation

Abstract. *The influence of wind and snow loads on the formation and development of structural defects, due to the operation of objects in areas with different intensity of loads and impacts, is considered. Over the period from 2015 to 2018 more than 3,000 buildings were surveyed, which made it possible to accumulate information sufficient for statistical processing. As part of the research work, the analysis of the number of defects per building was carried out depending on its service life, as well as on the wind and snow regions that were indicated at the time of the survey of the construction object. Defects obtained at the stage of installation of structures were excluded from the sample, defects that arose during the operation of buildings from the impact of wind and snow loads were taken into account only. The resulting database was processed, and the summary data was divided into periods of operation 0-5, 5-15, 15-25, 25-35, 35-45 and 45-55 years. Dependences of the accumulation of defects of structures on the service life under the action of wind and snow loads were obtained. Periods of accumulation of defects and periods of current and major repairs are marked. Directions for further research on determining the rate of accumulation of structural defects from the service life of buildings are given.*

Key words: *inspection of buildings, technical condition, structural defects, climatic conditions, operation, snow region, wind region.*

© СКУРИДИН Н. Н., СЕРГЕЕВЦЕВ Е. Ю., ГРАНЕВ В. В., ТРЕКИН Н. Н., ТЕРЕХОВ И. А., 2020

Введение

В настоящее время ПАО «Транснефть» эксплуатирует более 10000 зданий, которые расположены на территории от западных границ Российской Федерации до Дальнего Востока и от Новороссийска до Заполярья.

Для обеспечения безопасности перекачки нефти и нефтепродуктов в ПАО «Транснефть» выполняется эксплуатационный контроль технического состояния зданий и сооружений, включающий и техническое обследование. С 2015 г. данная функция возложена на ООО «НИИ Транснефть»: за период 2015—2018 гг. проведено обследование более 3000 зданий [1—3].

Большое количество обследованных объектов позволило накопить информацию, достаточную для статистической обработки. Причины, вызвавшие дефекты, появлялись на всех стадиях существования объекта (проектирование, возведение, эксплуатация). Дефекты по критериям возникновения можно разделить на группы:

- ошибки, допущенные при проектировании;
- несоблюдение нормативных требований при возведении;
- запроектные нагрузки и воздействия;
- деградационные процессы в бетоне, металле (коррозия), кирпиче и в других материалах, ускоряемые климатическими условиями или нарушением эксплуатационных требований.

Здания, включенные в выборку, построены в разное время в период с 1950-х гг. по настоящее время. Состав анализируемой выборки по сроку эксплуатации представлен на *рис. 1*, а по материалу несущих конструкций — на *рис. 2*.

Здания на объектах ПАО «Транснефть» эксплуатируются в зонах, различающихся интенсивностью нагрузок и воздействий, влияющих на образование и развитие дефектов. Значимый критерий, влияющий на срок службы строительных конструкций, зданий и сооружений — климатические нагрузки, циклично воздействующие на объекты строительства.

К наиболее часто встречающимся дефектам от климатических воздействий по результатам обследований можно отнести нарушение антикоррозионного покрытия, коррозию арматуры, закладных деталей и металлических конструкций, сколы, трещины и разрушение защитного слоя бетона, выветривание и разрушение кладки, а также замачивание, высолы, отслоение отделочного слоя [4—7]. Исходя из этого, цель работы — определение влияния ветровой и снеговой нагрузок на развитие дефектов строительных конструкций зданий.

Усредненное количество дефектов на одно здание в зависимости от его срока эксплуатации и ветрового/снегового района

Срок эксплуатации, лет	Ветровой/снеговой район				
	1	2	3	4	5
0—5	0,2/—	0,1/0,4	0,2/0,4	0,1/0,4	1,3/0,4
5—15	0,8/0,7	0,8/1,1	0,5/0,9	1,4/0,9	2/—
15—25	1,7/—	1,7/2,1	1,6/2	1,8/1	—/—
25—35	1,3/—	0,9/0,5	1,5/3,6	0,9/2,4	—/—
35—45	0,8/—	1,2/0,7	1,1/1,5	1,6/0,7	—/—
45—55	1,9/—	1,4/1,9	1,2/1,8	1,7/1,2	1,1/—

Рис. 1. *Состав выборки зданий по сроку эксплуатации*

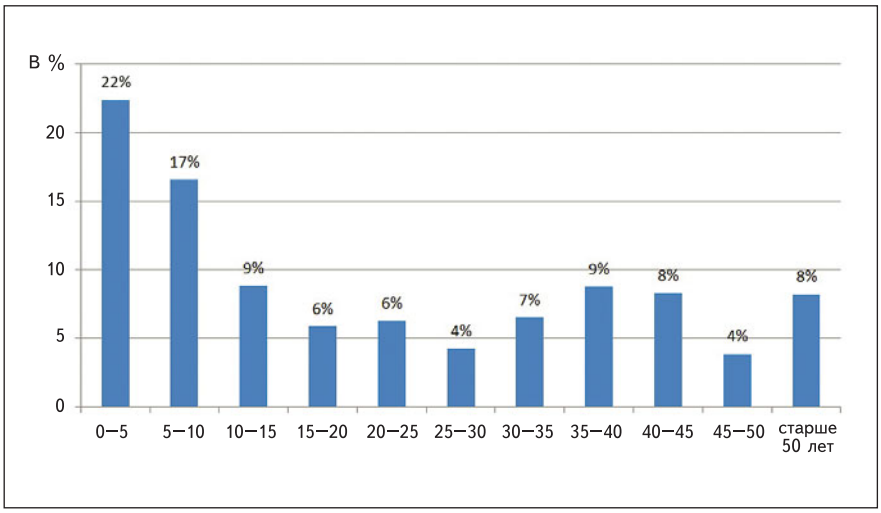

Рис. 2. *Состав выборки зданий по материалу несущих конструкций*

Конструкции: 1 — смешанные; 2 — железобетонные; 3 — каменные; 4 — металлические

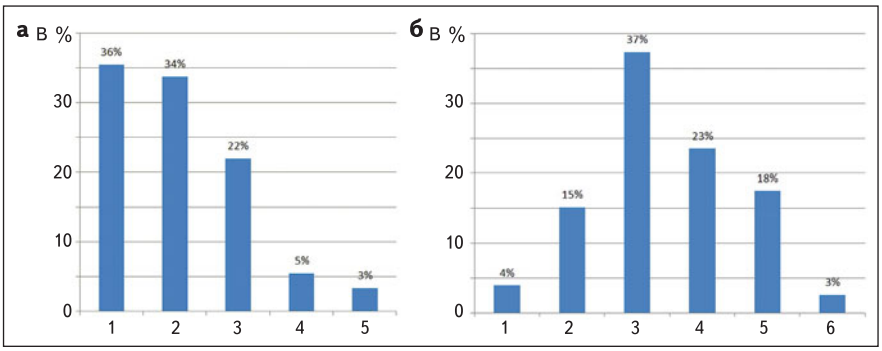

Рис. 3. *Сведения о разбивке зданий, включенных в выборку по ветровым районам (а) и снеговым районам (б)*

Исследование влияния ветровой нагрузки на количество дефектов в зданиях

Воздействие ветра на строительные конструкции зданий заключается в следующем:

- физическое выветривание;
- замачивание вертикальных ограждающих конструкций вследствие «косых» дождей;
- приложение периодической горизонтальной нагрузки к несущим конструкциям.

В рамках исследовательской работы проведен анализ количества дефектов на одно здание в зависимости от срока службы сооружения и ветрового района, который указан на момент обследования объекта строительства. Сведения о разбивке зданий, включенных в выборку, по ветровым районам согласно СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» представлены на *рис. 3а*.

Дефекты, полученные на этапе монтажа конструкций, были исключены из выборки, так как учитывались только дефекты, возникшие в процессе эксплуатации зданий. В связи тем, что наибольшее воздействие ветровая нагрузка оказывает на ограждающие конструкции, из выборки были исключены дефекты фундаментов, колонн, а также стен и покрытий, вызванные причинами, не связанными с воздействием ветра (например, осадочные трещины и технологические протечки).

Полученная база данных была обработана, а сводные данные разбиты на периоды эксплуатации, лет: 0—5, 5—15, 15—25, 25—35, 35—45 и 45—55. Результаты обработки представлены в *таблице* и на *рис. 4а*.

Большая часть рассматриваемых зданий, расположенных в 6-м ветровом районе, выполнены из сэндвич-панелей по металлическому каркасу. Такие конструкции благодаря применению современных антикоррозионных покрытий имеют повышенную стойкость к атмосферным воздействиям. Получить достоверные данные по количеству дефектов в зданиях, расположенных в этом ветровом районе, не удалось из-за их небольшого количества и малого срока эксплуатации (до 15 лет).

Анализируя данные в *таблице* и на *рис. 4а*, можно отметить большой разброс количества дефектов в разные периоды. Районы 1—4 имеют схожие тенденции накопления дефектов и результаты проведения текущих и капитальных ремонтов — отмечается максимум дефектов в период с 15 до 25 лет эксплуатации с последующим снижением на 30—50 % и повторным нарастанием к 45—55 годам. Для 5-го ветрового района данная тенденция прослеживается фрагментарно в связи с ограниченным количеством объектов в выборке.

Для оценки общего количества дефектов в зависимости от ветрового района представлена зависимость на *рис. 5*, из которой следует, что происходит нарастание среднего количества дефектов с увеличением ветрового давления. Это говорит о существенном влиянии ветра на процесс дефектообразования.

Исследование влияния снеговой нагрузки на количество дефектов в зданиях

Воздействие снеговой нагрузки на строительные конструкции заключается в следующих факторах:

- временная вертикальная нагрузка на несущие конструкции здания от веса снегового покрова;
- температурные воздействия на конструкции здания (увеличение снеговой нагрузки в большинстве случаев имеет прямо пропорциональную корреляцию с понижением среднегодовой температуры);
- застой воды и протечки через гидроизоляционный слой покрытий при оттепелях и в весенний период.

Был проведен анализ количества дефектов на одно здание в зависимости от его срока службы и снегового района, который указан на момент обследования объекта строительства. Сведения о разбивке зданий, включенных в выборку, по снеговым районам согласно СП 20.13330 показаны на *рис. 3б*.

По аналогии с исследованием влияния ветровой нагрузки дефекты, возникшие на этапе монтажа конструкций, были исключены из выборки. Кроме того, из выборки были исключены дефекты, вызванные причинами, не связанными с воздействием снеговой нагрузки. Полученная база данных была обработана, а сводные данные разбиты на те же периоды эксплуатации, что и при исследовании ветровой нагрузки. Результаты обработки

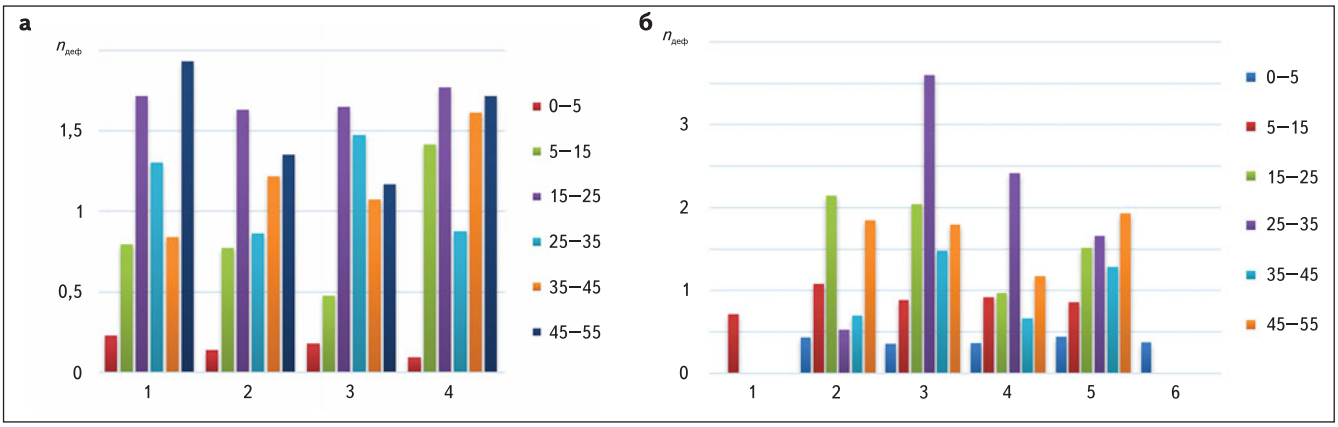

Рис. 4. *Усредненная зависимость появления дефектов $n_{деф}$ на одно здание от срока его эксплуатации в различных ветровых районах (а) и снеговых районах (б)*

представлены в *таблице* и на *рис. 4б.*

Как видно из *таблицы* и *рис. 4б,* наиболее полные данные получены для районов 2—5. Сравнивая зависимости появления дефектов в различных снеговых районах, можно отметить наличие периодов накопления дефектов и периоды проведения текущих и капитальных ремонтов.

Скорости накопления дефектов в разных районах различаются. Например, наибольшее количество дефектов во 2-м снеговом районе зафиксировано в период с 15 до 25 лет эксплуатации, тогда как в остальных районах максимум дефектов приходится на период 25—35 лет или более поздний срок эксплуатации. Максимальное количество дефектов зарегистрировано в 3-м снеговом районе, при этом скорость накопления дефектов во 2-м и 3-м снеговых районах на участках от 0 до 25 лет идентична. Большее количество дефектов в 3-м снеговом районе может быть связано с особенностями эксплуатации и более поздним проведением ремонтных работ.

Общее количество и скорости накопления дефектов в 4-м и 5-м снеговых районах меньше, чем во 2-м и 3-м. Так как рост снеговой нагрузки коррелируется с понижением среднегодовой температуры, полученную зависимость можно объяснить применением конструкций с лучшей тепло- и гидроизоляцией, а также распространенностью в 4-м и 5-м снеговых районах зданий, выполненных из сэндвич-панелей по металлическому каркасу, которые в меньшей степени подвержены воздействию окружающей среды. Получить достоверные данные для 1-го и 6-го снеговых районов не удалось из-за малого количества объектов в выборке, однако фрагментарные данные подтверждают схожесть процессов дефектообразования для зданий с аналогичным сроком эксплуатации, расположенных в районах 2—4.

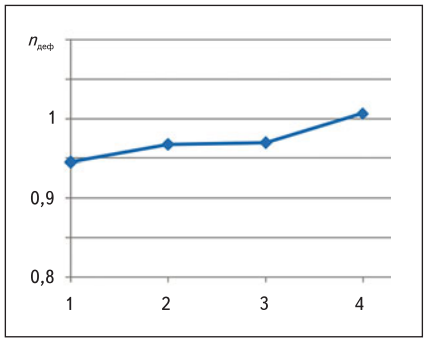

Рис. 5. *Зависимость среднего количества дефектов $n_{деф}$ от ветрового района за период от 0 до 55 лет*

Выводы

1. Проведен анализ результатов обследований ООО «НИИ Транснефть» более чем 3000 зданий на объектах ПАО «Транснефть».

2. Получены зависимости накопления дефектов конструкций от срока эксплуатации при действии ветровой и снеговой нагрузок.

3. Отмечено нарастание среднего количества дефектов с повышением ветрового давления, что говорит об увеличении влияния ветровой нагрузки на процесс дефектообразования.

4. Скорости накопления дефектов в разных ветровых и снеговых районах различаются. В этой связи можно отметить наличие периодов накопления дефектов и периодов проведения текущего и капитального ремонтов.

5. Выявленные зависимости накопления дефектов в конструкциях зданий от интенсивности ветровой и снеговой нагрузок могут быть использованы при расчете надежности и остаточного ресурса строительных конструкций с учетом воздействия окружающей среды.

6. В дальнейшем будут проведены исследования причин возникновения дефектов и определены зависимости общего количества дефектов от срока эксплуатации зданий с различными несущими конструкциями. Кроме того, будет проведен анализ исследований влияния смены вет-

рового и снегового районов на накопление повреждений, так как в действующих нормах были увеличены нагрузки и/или воздействия по сравнению с нормами, действовавшими в период проектирования и строительства.

7. Полученные результаты исследования могут являться исходным материалом для дальнейшего установления границ перехода строительных конструкций в ограниченно-работоспособное и аварийное техническое состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Г. Г., Лежнев М. А., Сальников А. П.* Анализ опыта применения трехмерного лазерного сканирования на объектах ОАО «АК «Транснефть» // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2015. № 2 (18). С. 48–55.
2. *Сергеевцев Е. Ю., Павлющик С. А., Графов Н. С.* Критерий определения категории технического состояния сооружений башенного типа // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. Т. 8. № 1. С. 36–42
3. *Скуридин Н. Н., Могильнер Л. Ю., Сергеевцев Е. Ю., Графов Н. С.* Анализ повреждений и износа строительных конструкций зданий на объектах магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 7. С. 29–34.
4. *Бедов А. И., Знаменский В. В., Габитов А. И.* Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. М. : АСВ, 2016. Ч. 1. 702 с.
5. *Ведяков И. И., Конин Д. В., Артамонов В. А.* О необходимости актуализации ГОСТ 31937–2011 с учетом обобщения опыта обследований // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 10. С. 101–110.
6. *Келасьев Н. Г., Кодыш Э. Н., Трекин Н. Н., Терехов И. А., Шмаков Д. С., Чаганов А. Б.* // Определение срока службы конструкций, зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 2. С. 12–17.
7. *Рурин О. С., Келасьев Н. Г., Гранев В. В., Гурьев В. В., Денисов А. С.* О нормировании аварийного жилищного фонда // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 9. С. 73–78.

REFERENCES

1. Vasil'ev G. G., Lezhnev M. A., Sal'nikov A. P. Analysis of the experience of using three-dimensional laser scanning at the facilities of JSC "AK Transneft". *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov*, 2015, no. 2 (18). pp. 48–55. (In Russian).
2. Sergeevtsev E. Yu., Pavlyushchik S. A., Grafov N. S. Criterion for identifying the category of technical condition of tower-shaped structures. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 36–42. (In Russian).
3. Skuridin N. N., Mogil'ner L. Yu., Sergeevcev E. Yu., Grafov N. S. Analysis of damage and wear of building structures of buildings at main pipeline objects. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2018, no. 7, pp. 29–34. (In Russian).
4. Bedov A. I., Znamenskiy V. V., Gabitov A. I. *Obsledovanie i ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya osnovanij i stroitel'nyh konstrukcij ekspluatiruemyh zdanij i sooruzhenij* [Inspection and assessment of the technical condition of the foundations and building structures of the buildings and structures in use]. Moscow, ASV Publ., 2016. Vol. 1. 702 p. (In Russian).
5. Vedyakov I. I., Konin D. V., Artamonov V. A. On the need to update GOST 31937–2011 taking into account the generalization of survey experience. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 10, pp. 101–110. (In Russian).
6. Kelasev N. G., Kodysh E. N., Trekin N. N., Terekhov I. A., Shmakov D. S., Chaganov A. B. Determining the service life of structures, buildings and facilities. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 2, pp. 12–17. (In Russian).
7. Rurin O. S., Kelasiev N. G., Granev V. V., Guryev V. V., Denisov A. S. About rationing of failing housing stock. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 9, pp. 73–78. (In Russian).

Для цитирования: *Скуридин Н. Н., Сергеевцев Е. Ю., Гранев В. В., Трекин Н. Н., Терехов И. А.* Влияние климатических условий на развитие дефектов строительных конструкций зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 12. С. 46–50. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.12.46-50.

For citation: Skuridin N. N., Sergeevtsev E. Yu., Granev V. V., Trekin N. N., Terekhov I. A. Influence of Climatic Conditions on the Development of Defects in Building Structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 12, pp. 46–50. (In Russian).
DOI: 10.33622/0869-7019.2020.12.46-50.