

В.В. МАЛЮК^{1,2}¹Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» ДальНИИС, г. Владивосток, Россия²ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск, Россия

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ МОРОЗНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЕТОН МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Представлен концептуальный подход к прогнозированию долговечности бетона в условиях морозного воздействия и сильного насыщения на основе реальной работы бетона в конструкциях портовых сооружений на морском побережье юга о. Сахалин. Показано, что отсутствие методов прогнозирования коррозии бетона в условиях морозного воздействия, обусловлено многообразием и синергетическим эффектом факторов, определяющих долговечность. Многоциклическое воздействие знакопеременных температур, обусловленное морскими приливами, не всегда является определяющим критическим показателем суровости для зоны переменного уровня. Незамерзающая вода в акватории портов и тяжелые гидрометеорологические условия в виде сильного волнения предопределяют обледенение конструкций в течение всего зимнего периода. Этот фактор в определенных случаях может являться критическим для бетона. На основании результатов исследования состояния, свойств и температурно-влажностного режима бетона в конструкциях зоны переменного уровня воды и общепринятых теоретических положений морозного разрушения бетона предложено прогнозировать срок службы в зоне переменного уровня портовых сооружений на основе концепции двухстадийности процесса морозной коррозии. Показана возможность прогноза долговечности бетона на основе сценарного моделирования процесса развития системы структуры пор цементной матрицы в зависимости от ее параметров к началу морозного воздействия и механизма промерзания бетона в конструкциях.

Ключевые слова: водонасыщение бетона, долговечность, морозостойкость, морские сооружения, срок службы.

V.V. MALYUK^{1,2}¹Branch FGBU «TSNIIP Russian Ministry of Construction» DalNIIS, Vladivostok, Russia²Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

CONCEPT OF THE MODEL OF FROST IMPACT ON CONCRETE OF OFFSHORE STRUCTURES

Abstract. A conceptual approach is presented to predicting the durability of concrete under conditions of frost exposure and strong saturation based on the actual work of concrete in the structures of port facilities on the sea coast of the south of the island. Sakhalin. It is shown that the lack of methods for predicting concrete corrosion under frost exposure, despite the large amount of theoretical and experimental work on this topic, is due to the diversity and synergistic effect of factors that determine durability. It has been established that the multicyclic effect of sign-variable temperatures due to sea tides is not always the determining critical indicator of severity for the zone of variable level. Non-freezing water in the port waters and severe hydrometeorological conditions in the form of strong waves predetermine the icing of structures throughout the winter period. This factor in certain cases can be critical for concrete. Based on the results of the study of the state, properties and temperature-humidity regime of concrete in the structures of the zone of variable water level and the generally accepted theoretical principles of frost destruction of concrete, it is proposed to predict its service life in the zone of variable level of port facilities based on the concept of a two-stage process of frost corrosion. The possibility of predicting the durability of concrete based on scenario modeling of the process of development of the system of pore structure of the cement matrix, depending on its parameters by the beginning of frost exposure and the mechanism of freezing of concrete in structures, is shown.

Keywords: concrete water saturation, durability, frost resistance, offshore structures, service life prediction.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Performance-Based Specifications and Control of Concrete Durability: State-of-the-Art Report RILEM TC 230-PSC (RILEM State-of-the-Art Reports (18), Springer; 1st ed. 2016, (October 3, 2015), 391 p.
2. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 93–02.
3. Степанова В.Ф., Фаликман В.Р. Современные проблемы обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Пленарные доклады II Международной конференции «Бетон и железобетон – взгляд в будущее». М., 2014. С. 275–289.
4. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1983. 132 с.
5. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. Москва: Стройиздат, 1990. 320 с.
6. Горчаков Г. И., Капкин М. М., Скрамтаев Б. Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. Москва: Стройиздат, 1965. 195 с.
7. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М. Стройиздат, 1980. 536 с.
8. Добролюбов Г., Рагинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. Москва: Стройиздат, 1983. 212 с.
9. Шейкин А.Е., Добшиц Л.М. Цементные бетоны высокой морозостойкости. Л., 1989. 128 с.
10. Леонович С.Н., Литвиновский Д.А., Чернякевич О.Ю., Степанова А.В. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях. Минск: в 2 ч. Ч. 2., изд-во БНТУ, 2016. 393 с.
11. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. М., изд-во Транспорт, 1966. 501 с.
12. Москвин В. М. Коррозия бетона. М.: Госстройиздат, 1952. 344 с.
13. Стольников В. В. Исследование по гидротехническому бетону. М. – Л.: Госэнегиздат, 1962. 330 с.
14. Fagerlund, G., “Moisture design with regard to durability – With special reference to frost destruction”, Division of Building Materials, Lund Institute of Technology, TVBM-3130, Lund 2006, 128 pp.
15. Fagerlund, G. Frost Destruction of Concrete –A Study of the Validity of Different Mechanisms. Nordic Concrete Research. Publ. No. NCR 58. 2018(1):35–54. //doi.org/10.2478/ncr-2018–0003
16. Neville, A. M. Brooks J.J. Concrete Technology, 2nd Edition. 2010. ISBN-3: 9780273732198.
17. Славчева Г.С., Чернышов Е.М. Влияние структуры высокопрочных модифицированных бетонов на дилатометрические эффекты при их замораживании // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2015. № 1 (22). С. 55-62
18. Malyuk V., Degradation and sudden failure of concrete structures of marine hydraulic structures in severe hydrometeorological conditions. Far East Con-2018. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 022071. URL: //doi.org/10.1088/1757-899X/463/2/022071
19. Малюк В.В., Малюк В.Д., Леонович С.Н. Анализ результатов обследования железобетонных конструкций портовых сооружений (о. Сахалин, 1927–2018 гг.) // Бетон и железобетон. 2022. № 1 (609). С. 3–9. doi: //doi.org/10.31659/0005-9889-2022-609-1-3-9
20. Malyuk V.V., V.D. Malyuk. Freezing Mechanisms of the Concrete in an Area of Variable Water Level of Port Facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 988 (2022), doi:10.1088/1755-1315/988/5/052020
21. Малюк В.В., Малюк В.Д., Леонович С.Н. Совершенствование методов проектирования и технологии бетонных работ (на примере о. Сахалин) // Бетон и железобетон. 2022. № 2 (610). С. 30–34. doi: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-30-34>.

REFERENCES

1. Performance-Based Specifications and Control of Concrete Durability: State-of-the-Art Report RILEM TC 230-PSC (RILEM State-of-the-Art Reports (18), Springer; 1st ed. 2016, (October 3, 2015), 391 p.
2. V.T. Karpenko N.I., IArmakovskii V.N., Erofeev V.T. O sovremennykh metodakh obespecheniia dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstrukttsii [On Modern Methods of Ensuring the Durability of Reinforced Concrete Structures (in Russian)]. Academia. Architecture and Construction. 2015. No.1. Pp. 93-102. (rus)
3. Stepanova V.F., Falikman V.R. Sovremennye problemy obespecheniia dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstrukttsii [Modern Problems of Ensuring the Durability of Reinforced Concrete Structures] Concrete and Reinforced Concrete – Look into the Future: in 7 volumes. Volume 3. M. MISI-MGSU Publishing House, 2014. Pp.430-444. (rus)

4. Kuntsevich O.V. Betony vysokoї morozostoikosti dlia sooruzheniĭ Kraĭnego Severa [High Frost Resistance Concretes for Facilities of the Far North]. Leningrad: Stroyizdat, 1983. 132 p. (rus)
5. Alekseev S.N., Ivanov F.M., Modry S., Shissl P. Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnykh sredakh [Durability of Reinforced Concrete in Aggressive Environments]. Moskva: Strojizdat, 1990. 320 p. ISBN 5-274-00923-9. (rus)
6. Gorchakov G.I., Kapkin M.M., Skramtaev B.G. Povyshenie morozostoikosti betona v konstruktivnykh promyshlennykh i gidrotekhnicheskikh sooruzheniĭ [Increasing the frost resistance of concrete in the structures of industrial and hydraulic structures]. Moscow: Stroyizdat, 1965. 195 p. (rus).
7. Moskvina V.M., Ivanov F.M., Alekseev S.N., Guzeev E.A. Korroziia betona i zhelezobetona, metody ikh zashchity [Corrosion of Concrete and Reinforced Concrete, Methods of Their Protection] M., Strojizdat, 1980. 536 p. (rus)
8. Dobroliubov G., Ratinov V.B., Rozenberg T.I. Prognozirovaniye dolgovechnosti betona s dobavkami. [Prediction of durability of concrete with additives: monograph] Moscow: Stroyizdat, 1983. 212 p. (rus)
9. Sheĭkin A.E., Dobshits L.M. Tsementnye betony vysokoї morozostoikosti [Cement concretes of high frost resistance]. Leningrad, 1989. 128 p. (rus)
10. Leonovich S.N., Litvinovskii D.A., Cherniakov O.I., Stepanova A.V. Prochnost', treshchinostoikost' i dolgovechnost' konstruktivnogo betona pri temperaturnykh i korroziionnykh vozdeĭstviyakh [Strength, Crack Resistance and Durability of Structural Concrete at Temperature and Corrosion Effects]: v 2 ch. Ch. 2.- Minsk: izd-vo BNTU, 2016. 393 p. (rus)
11. Shestoporov S.V. Dolgovechnost' betona transportnykh sooruzheniĭ [Concrete Durability of Transport Structures] M., Transport Publishing House, 1966. 501 p. (rus)
12. Moskvina V. M. Korroziya betona [Corrosion of concrete]. M.: Gosstroyizdat, 1952. 344 p. (rus)
13. Stol'nikov V. V. Issledovaniye po gidrotekhnicheskomu betonu [Research on hydraulic concrete]. M. L., Gosengoiizdat, 1962. 330 p. (rus)
14. Fagerlund, G., "Moisture design with regard to durability – With special reference to frost destruction", Division of Building Materials, Lund Institute of Technology, TVBM-3130, Lund 2006, 128 pp.
15. Fagerlund, G. Frost Destruction of Concrete –A Study of the Validity of Different Mechanisms. Nordic Concrete Research. Publ. No. NCR 58. 2018(1) Pp. 35–54. //doi.org/10.2478/ncr-2018-0003/
16. Neville, A. M. Brooks J.J. Concrete Technology, 2nd Edition. 2010. ISBN-3: 9780273732198.
17. Slavcheva G.S., Chernyshov E.M. Vliyanie struktury vysokoprochnykh modifitsirovannykh betonov na dilatometricheskie efekty pri ikh zamorazhivaniĭ [Influence of the structure of high-strength modified concretes on dilatometric effects during their freezing] Bulletin of the FEFU Engineering School. 2015. No. 1 (22). Pp. 55-62. (rus)
18. Malyuk V., Degradation and sudden failure of concrete structures of marine hydraulic structures in severe hydrometeorological conditions. Far East Con-2018. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 022071. URL://doi.org/10.1088/1757-899X/463/2/022071
19. Maliuk V.V., Maliuk V.D., Leonovich S.N. Analiz rezul'tatov obsledovaniia zhelezobetonnykh konstruktivnykh portovykh sooruzheniĭ (o. Sakhalin, 1927–2018 gg.) [Analysis of the results of the survey of reinforced concrete structures of port facilities (Sakhalin Island, 1927–2018)] Concrete and reinforced concrete. 2022. No. 1 (609). Pp. 3–9. //doi.org/10.31659/0005-9889-2022-609-1-3-9. (rus)
20. Malyuk V.V., V.D. Malyuk. Freezing Mechanisms of the Concrete in an Area of Variable Water Level of Port Facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 988, Issue 5, id.052020, 7 p.
21. Maliuk V.V., Maliuk V.D., Leonovich S.N. Sovershenstvovaniye metodov proektirovaniia i tekhnologii betonnykh rabot (na primere o. Sakhalin) [of design methods and technology of concrete works (on the example of Sakhalin Island)] Concrete and reinforced concrete. 2022. No 2 (610). Pp. 30–34. doi:https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-30-34 (rus)

Информация об авторе:

Малюк Владислав Викторович

Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» ДальНИИС, г. Владивосток, Россия, младший научный сотрудник.
ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск, Россия, старший преподаватель.
E-mail: mal46yuk@gmail.com

Information about author:

Malyuk Vladislav V.

Branch FGBU «TSNIIP Russian Ministry of Construction» DalNIIS, Vladivostok, Russia, junior researcher.
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, senior lecturer.
E-mail: mal46yuk@gmail.com