

Деформации ползучести в расчётах термонапряжённого состояния массивных бетонных и железобетонных конструкций в строительный период

С.С. Мановицкий^{1*}, А.Я. Стручкова², К.В. Семенов³

¹⁻³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 69

Аннотация

В практике расчетов строительных конструкций часто используются определение температурных полей, решение уравнений теплопроводности и термонапряжений, связанные с расчетами трещиностойкости бетонных массивов в период возведения. Изменение температурного состояния таких конструкций происходит вследствие выделения теплоты гидратации цемента, колебаний температуры наружного воздуха, солнечной инсоляции, технологических факторов и др. Возникающие температурные напряжения способны нарушать целостность конструкций. Расчеты термонапряженного состояния бетонных массивов в строительный период, и сама оценка трещиностойкости достаточно сложны с практической, инженерной точки зрения. Часть исследователей подходят к решению этих задач в упрощенной постановке. Цель моей диссертации - разработка методики, позволяющей учесть современные нормативные данные о мере ползучести в расчетах термической трещиностойкости бетонных и железобетонных массивных конструкций в строительный период.

Ключевые слова: массивные железобетонные конструкции; железобетон; нарастание температуры смеси; термонапряженное состояние; трещиностойкость, ползучесть, экзотермия цемента, термонапряженное состояние, термическая трещиностойкость

Содержание

1.	Введение	40
2.	Цель исследования	40
3.	Методика расчёта	40
4.	Полученные результаты	41

Контактный автор:

- 1 *. +7(981)9803734, sergeimanovitsky@mail.ru (Мановицкий Сергей Сергеевич, студент)
 2 . +7(999)2295601 ayuuna_struchkova93@mail.ru (Стручкова Айыына Яковлевна, студент)
 3 . +7(981)9803734, sergeimanovitsky@mail.ru (Семенов Кирилл Владимирович, к.т.н., доцент)

1. Введение

В практике расчетов строительных конструкций часто используются определение температурных полей, решение уравнений теплопроводности и термонапряжений [1-5], связанные с расчетами трещиностойкости бетонных массивов в период возведения. Изменение температурного состояния таких конструкций происходит вследствие выделения теплоты гидратации цемента, колебаний температуры наружного воздуха, солнечной инсоляции, технологических факторов и др. Возникающие температурные напряжения способны нарушать целостность конструкций.

Расчеты термонапряженного состояния бетонных массивов в строительный период, и сама оценка трещиностойкости достаточно сложны с практической, инженерной точки зрения. Часть исследователей подходят к решению этих задач в упрощенной постановке. В подавляющем большинстве методик, используемых в практических расчетах в настоящее время, не учитывается влияние температуры твердения на тепловыделение бетона и его деформативные характеристики [8]. В работах [1, 6] не учитываются деформации ползучести бетона, а решается термоупругая задача.

2. Цель исследования

Цель моей диссертации - разработка методики, позволяющей учесть современные нормативные данные о мере ползучести в расчетах термической трещиностойкости бетонных и железобетонных массивных конструкций в строительный период.

3. Методика расчёта

Методика основана на пересчете функции релаксации напряжений (используемой в расчетах программы TERM) по данным о мере ползучести в СП 41.13330.2012 [9].

В течение работы за этот семестр, я взял в качестве объекта моего исследования фундаментную плиту реакторного отделения АЭС и посчитал напряжения и деформации в ней, без учета ползучести бетона и с учетом ползучести [6,7]. Но соответственно учет ползучести проводился с использованием старых функций релаксации (полученных в 1970-х г.) в программе TERM (разработанной на нашей кафедре) [5].

В СП 41.13330.2012 приведены меры ползучести для расчета на трещиностойкость бетонных конструкций, но приведены только отдельные промежутки времени, да и в целом предназначены для гидротехнических бетонов, что вызывает затруднение и неудобство в построении зависимостей напряжений и деформаций от времени.

Табл. 1. Характеристики ползучести бетона

(СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений).

Возраст загружения, сут	Мера ползучести бетона $\epsilon(t, \tau) \cdot 10^5$, МПа ⁻¹ , при длительности загрузки ($t - \tau$), сут								
	0	10	25	50	100	200	500	1000	1500
0,125	0	0,05	16,00	20,00	24,00	27,00	31,00	32,00	32,00
10	0	1,10	1,76	2,23	2,67	3,06	3,48	3,60	3,60
30	0	0,85	1,41	1,80	2,18	2,52	2,89	3,00	3,00
112	0	0,50	0,80	1,18	1,45	1,70	1,92	1,98	1,98
205	0	0,35	0,67	0,88	1,09	1,26	1,42	1,46	1,46
512	0	0,21	0,46	0,65	0,80	0,91	0,98	1,00	1,00
1500	0	0,21	0,46	0,65	0,80	0,91	0,98	1,00	1,00

С помощью уже разработанных алгоритмов, по переводу мер ползучести в функцию релаксации, я собираюсь добавить в программу TERM новую полученную функцию релаксации на базе данных из СП. Затем, я сравню, на сколько изменятся данные, при расчете с новой функцией релаксации, и какие погрешности были в старых расчетах.

4. Полученные результаты

Оценим термонапряженное состояние бетонной фундаментной плиты АЭС при фиксированной толщине теплоизоляции. На рисунке 2 приведены графики изменения термонапряжений во времени в контрольных точках фундаментной плиты. Пунктирная линия на графике отвечает термонапряжениям, определённым с учётом ползучести бетона. Сплошная линия – для термонапряжений в упругой постановке задачи.

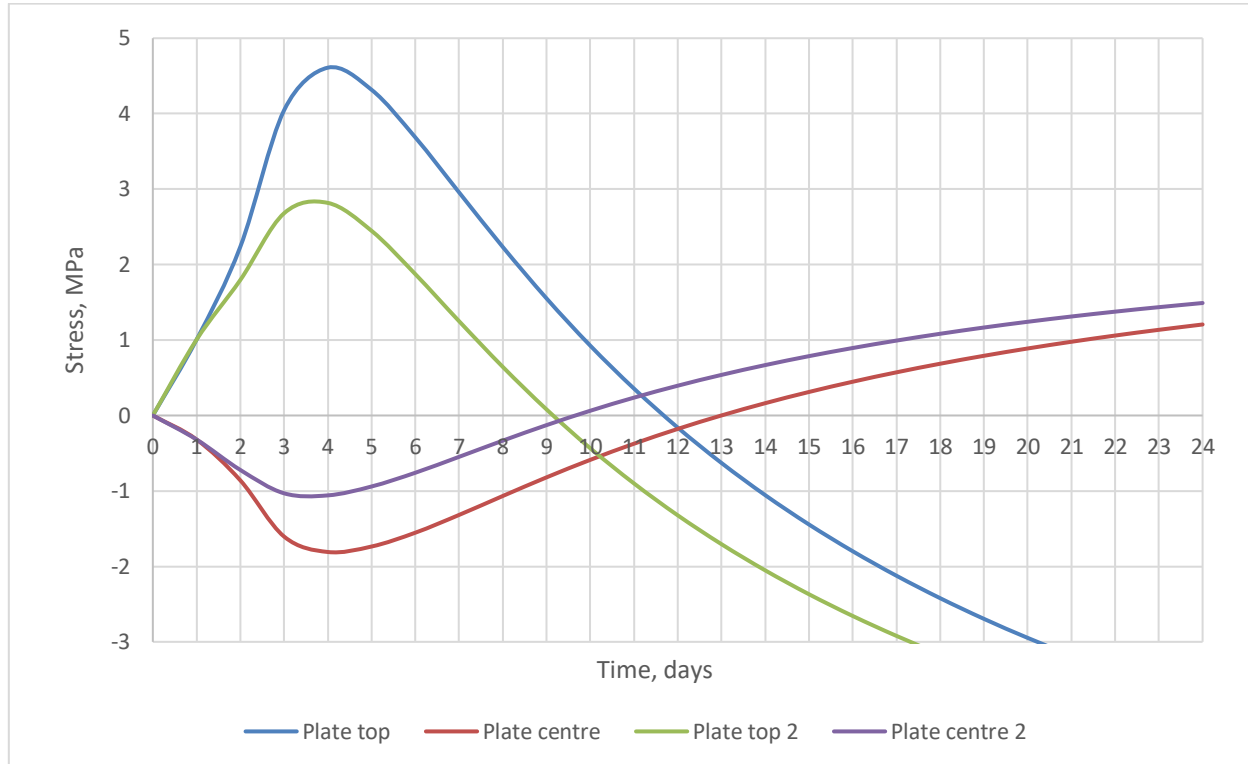


Рисунок 2. График зависимости напряжений в центре и на верхней поверхности плиты от времени без учёта (сплошная линия) и с учётом (пунктирная линия) ползучести бетона.

Анализ результатов показывает следующее:

1. Характер изменения термонапряжений во времени одинаков для случаев с учётом и без учёта ползучести бетона;
2. Наибольшие напряжения в упругой постановке для момента пика экзотермического разогрева (4 сутки) составляют: растягивающие на поверхности плиты – 4,6 МПа, сжимающие в центре плиты – 1,8 МПа;
3. Аналогично для случая с учётом ползучести: растягивающие напряжения на поверхности – 2,8 МПа, сжимающие в центре – 1,1 МПа;

Таким образом, решение задачи в термоупругой постановке приводит к увеличению растягивающих напряжений на поверхности на 1,8 МПа (или на 40%), а сжимающих на 0,7 МПа (на 39%).

На рисунке 3 приведены графики изменения деформаций удлинения на поверхности плиты во времени для термоупругой задачи и задачи в строгой постановке.

Литература

- [1]. Korotchenko I., Ivanov E., Semenov K., Barabanshchikov Yu. Thermal stressed state in Mmassive concrete structures in the winter building period // MATEC Web of Conferences. 2016. № 53
- [2]. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. 2012 № 8. С. 1–13
- [3]. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3. С. 1–11.

References

- [1]. Korotchenko I., Ivanov E., Semenov K., Barabanshchikov Yu. Thermal stressed state in Mmassive concrete structures in the winter building period // MATEC Web of Conferences. 2016. № 53
- [2]. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012 № 8. S. 1–13.
- [3]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Energoeffektivnost ograzhdayushchikh konstruksiy pri kapitalnom remonte // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 3. S. 1–11.
- [4]. Barabanshchikov Yu.G., Sokolov V.A., Vasilyev A.S., Shevelev M.V. Regulirovaniye srkoov skhvatyvaniye tsementa khimicheskimi dobavkami. Regulirovanie srokov

- [4]. Барабанщиков Ю.Г., Соколов В.А., Васильев А.С., Шевелев М.В. Регулирование сроков схватывания цемента химическими добавками. Regulirovanie srokov skhvatyvaniya tsementa khimicheskimi dobavkami [Adjustment of cement setup time with chemical admixtures] // ALITINFORM: Цемент, бетон, сухие смеси. 2012. № 3. С. 32–41.
- [5]. Малинин Н.А. Исследование термонапряженного состояния массивных бетонных конструкций с переменными деформативными характеристиками. Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.23.01. Ленинград, 1977. 186 с.
- [6]. Korotchenko I.A., Ivanov E.N., Manovitsky S.S., Borisova V.A., Semenov K.V., Barabanshchikov Yu.G. Deformation of concrete creep in the thermal stress state calculation of massive concrete and reinforced concrete structures // Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 1. Pp. 56–63.
- [7]. Барабанщиков Ю.Г., Семенов К.В., Стручкова А.Я., Мановицкий С.С. Оценка учёта влияния температуры твердения на процесс тепловыделения в расчетах термонапряженного состояния массивных бетонных и железобетонных конструкций в строительный период // Приволжский научный вестник. 2017. № 1. Рр. 11–17.
- [8]. Васильев П.И., Иванов Д.А., Кононов Ю.И., Семенов К.В., Стариков О.П. Расчетное обоснование размеров блоков и последовательности бетонирования корпуса реактора ВГ-400 с проверкой на модели 1/5 натуральной величины // Problems of Atomic Science and Technology. 1988. № 1. Рр. 62–68.
- [9]. СП 41.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений skhvatyvaniya tsementa khimicheskimi dobavkami [Adjustment of cement setup time with chemical admixtures] // ALITINFORM: Tsement, beton, sukhiye smesi. 2012. № 3. S. 32–41.
- [5]. Malinin N.A.. Issledovaniye termonapryazhennogo sostoyaniya massivnykh betonnykh konstruktсий s peremennymi deformativnymi kharakteristikami. Diss. na soisk. uchen. step. k.t.n.: Spets. 05.23.01. Leningrad, 1977. 186 s.
- [6]. Korotchenko I.A., Ivanov E.N., Manovitsky S.S., Borisova V.A., Semenov K.V., Barabanshchikov Yu.G. Deformation of concrete creep in the thermal stress state calculation of massive concrete and reinforced concrete structures // Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 1. Pp. 56–63.
- [7]. Barabanshchikov Yu.G., Semenov K.V., Struchkova A.Ya., Manovitskiy S.S. Otsenka ucheta vliyaniya temperatury tverdeniya na protsess teplovydeleniya v raschetakh termonapryazhennogo sostoyaniya massivnykh betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktсий v stroitelnyy period // Privolzhskiy nauchnyy vestnik. 2017. № 1. Pp. 11–17.
- [8]. Vasilyev P.I., Ivanov D.A., Kononov Yu.I., Semenov K.V., Starikov O.P. Raschetnoye obosnovaniye razmerov blokov i posledovtayelnosti betonirovaniya korpusa reatora VG-400 s proverkoй na modeli 1/5 naturalnoy velichiny // Problems of Atomic Science and Technology. 1988. № 1. Pp. 62–68.
- [9]. SP 41.13330.2012. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruktсии gidrotekhnicheskikh sooruzheniy

Мановицкий С.С., Стручкова А.Я., Семенов К.В., Оценка учёта деформаций ползучести в расчетах термонапряженного состояния массивных бетонных и железобетонных конструкций в строительный период // Alfabuild. 2017. №2 (2). С. 39-44

Manovitskiy S.S., Strychkova A.Y., Semenov K.V. Deformation of concrete creep in the thermal stress state calculation of massive concrete and reinforced concrete structures. Alfabuild, 2017, 2 (2), Pp. 39-44(rus)

Deformation of concrete creep in the thermal stress state calculation of massive concrete and reinforced concrete structures

S.S.Manovitskiy^{1*}, A.Y. Strychkova², K.V.Semenov³

¹⁻³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

Abstract

In general practice the calculation of thermal fields is often based on the heat equation solution as well as thermal stresses definition, linked with calculation of cracking resistance massive of concrete in construction period. A change in the thermal state of such structures occurs due to the heat liberation from cement hydration during the concrete hardening process, as well as outside temperature fluctuations, solar exposure, various technological factors, etc. Emerging thermal stresses may cause damage to the structural integrity. Calculation of thermal stressed state of massive concrete structures in the building period and value of cracking resistance are hard enough with a practice and engineering point of view. Some researchers close to solution of these problems in a simplified variant. The purpose of my thesis is creation of a method that could be consider the modern normative data about degree of a creep in calculating thermal cracking resistance massive concrete and iron concrete structures in a building period.

Keywords:

massive concrete structures; reinforced concrete; cement setting temperature; thermal stressed state; thermal cracking resistance, creep, exothermic reaction of cement, thermal stressed state, thermal cracking resistance.

Corresponding author

- 1*. +7(981)9803734, sergeimanovitsky@mail.ru (Manovitsky Sergey, Student)
2. +7(999)2295601 ayyyna_struchkova93@mail.ru (Struchkova Ayyyna, Student)
3. +7(981)9803734, sergeimanovitsky@mail.ru (Semenov Kirill, Ph.D., associate professor)