

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/05TVN516.pdf>

Статья опубликована 07.09.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чижов С.В., Яхшиев Э.Т. Метод возведения дисперсно-армированных железобетонных пролётных строений мостов в условиях сухо-жаркого климата // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/05TVN516.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 624.21.093.004

Чижов Сергей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Россия, Санкт – Петербург¹
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: sergchizh@yandex.ru

Яхшиев Элбек Толипович

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Россия, Санкт – Петербург
Аспирант
E-mail: elbek-8420@mail.ru

Метод возведения дисперсно-армированных железобетонных пролётных строений мостов в условиях сухо-жаркого климата

Аннотация. Данные исследования является разработка и научное обоснование метода возведения дисперсно-армированных железобетонных строений в условиях сухо-жаркого климата для высокоскоростных железнодорожных магистралей, выявление преимуществ, связанных с применением фибры на этапе строительства, определение способов снижения совокупных затрат при обеспечении качественных характеристик надёжности пролётных строений на этапе строительства.

Особую актуальность вопрос технологической эффективности возведения таких конструкций приобретает в условиях сухо-жаркого климата, в которых повышается риск образования технологических дефектов, связанных с суточными перепадами температуры и низкой влажностью воздуха, приводящих к образованию усадочных и температурных трещин в конструкциях пролётных строений на этапе строительства. Анализ производится на основании объективных параметров инструментального контроля, полученных в результате натурных обследований железобетонных пролётных строений, результатов лабораторных испытаний образцов, результатов математического моделирования конструктивных и технологических параметров. Синтез результатов, полученных натурным и математическим путём методом «от обратного» в части выбора оптимальной модели возведения конструкции дисперсно-армированного железобетонного пролётного строения позволяет объективно установить взаимосвязь параметров технологии возведения с надёжностью пролётных строений. Работа нацелена на решение прикладной задачи, применительно к условиям

¹ 197046, Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, дом 22/24, кв. 32

Узбекистана и определяет параметры дисперсно-армированного железобетонного пролётного строения $L_p = 66 \text{ м}$, обусловленные техническим заданием на научное исследование применительно к возведению мостового сооружения для высокоскоростной железнодорожной магистрали.

Ключевые слова: надёжность; технологический процесс; температурные напряжения; деформации; дисперсно-армированное пролётное строение; трещиностойкость; отказ; способ введения фибры; тепловлажностный уход

Изучение характера возникновения отказов в конструкциях железобетонных пролётных строений мостов [1, 2, 5, 7] показывает, что их надёжность связана с дефектами, возникающими на этапах строительства и эксплуатации по различным причинам, обусловленным недостатками, возникающими в жизненном цикле сооружений. Наиболее распространённым дефектом, снижающим ресурс конструкций мостов, является образование трещин. Различные виды трещины обуславливают деградиционный характер отказа конструкции, связанный с проникновением разрушающих воздействий различного генезиса по объёму конструкции. Причины образования трещин более многообразны, чем причины, вызывающие появление других дефектов. Это обуславливает сложность их предупреждения и делает необходимым обоснованное назначение проектных конструктивных решений, предупреждающих их появление.

Анализ расположения трещин в железобетонных пролётных строениях позволяет выявить характерные зоны образования на различных участках, смотри рисунок 1.

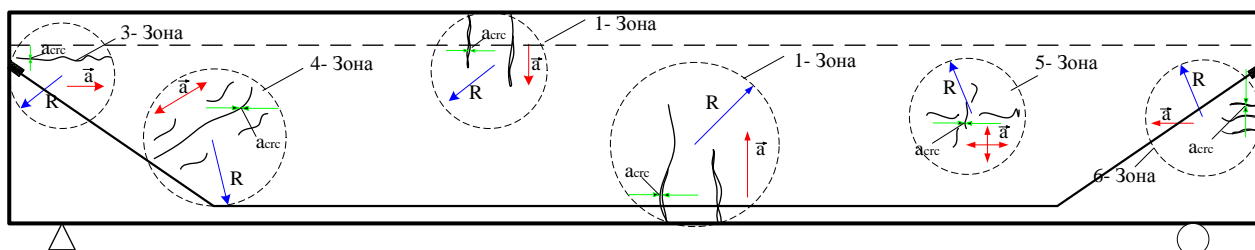


Рисунок 1. Условная схема характерных зон образования трещин в предварительно напряженных пролётных строениях:

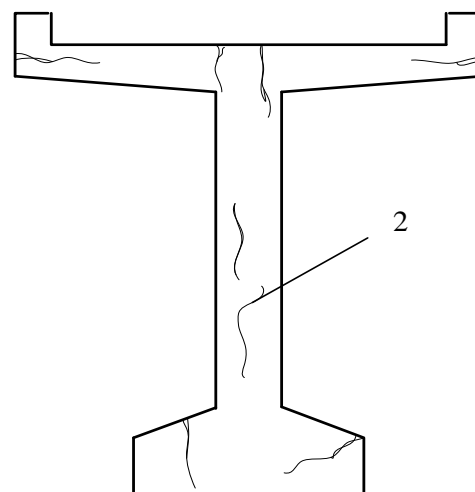
Конструктивные трещины

- 1 – поперечные трещины в плите балки;
- 3 – продольные трещины в нижнем поясе;
- 4 – наклонные трещины в приопорных зонах стенки;
- 5 – горизонтальные трещины в опорной стойке;
- 6 – горизонтальная трещина между плитой и стенкой.

Технологические трещины

- 2 – температурные, усадочные трещины.

(разработан авторами)



возникновение которых обусловлено несовершенством технологии изготовления, хранения, транспортировки и монтажа пролётных строений в период первоначального нарастания прочности бетона. Конструктивные трещины, характеризуются локальными зонами возможного возникновения. Их характер определяется особенностями армирования участков конструкции. Технологические трещины располагаются по всему объёму. Их возникновение в меньшей мере, чем в первом случае, связано с расположением обычной и напряжённой арматуры. Устранение конструктивных трещин достигается совершенствованием конструкции пролётного строения на этапе проектирования, учётом особенностей работы и условий эксплуатации. Устранение технологических трещин зависит от метода возведения пролётных строений и связано с совершенствованием технологического процесса изготовления, транспортировки и монтажа пролётных строений, совершенствованием свойств материала.

В зависимости от совокупности суммарных затрат, связанных с возведением единичного пролётного строения, ресурсным способом для условий республики Узбекистан был определён экономический критерий выбора метода возведения дисперсно-армированных пролётных строений, определяющий технологию их возведения:

$$3.5 \sum C_n \leq C_0 \quad (1)$$

где: 3.5 – приведенный коэффициент, учитывающий метод возведения на сплошных подмостях;

$\sum C_n$ – суммарные затраты на возведения единичного пролётного строения методом «на сплошных подмостях»;

C_0 – стоимость технологической оснастки для возведения пролётных строений с использованием консольно-шлюзового кранового оборудования, средства доставки, стенда для изготовления.

Критерий определяет технико-экономическую целесообразность и область рационального использования возможных методов. Такими методами являются:

- поточный метод в случае строительства, реконструкции больших и внеклассных мостов расположенных на участках высокоскоростных дорог, предполагающий организацию специализированного участка для изготовления пролётного строения, наличие специального монтажного оборудования для транспортировки и монтажа конструкции;
- индивидуальный метод, для строительства и замены единичных пролётных строений, в основу которого положен способ возведения пролётного строения на «сплошных подмостях».

Применение того или иного метода не исключает необходимости решения задач, предполагающих устранение и минимизацию технологических дефектов, связанных с оптимизацией процессов изготовления конструкций, их транспортировки и монтажа.

Как показывают результаты исследований, опубликованные [10, 11, 12] использование дисперсно-армированных пролётных строений позволяет существенно повысить надёжность конструкции и обеспечить снижение образования конструктивных трещин. Имеются также работы в области промышленного гражданского строительства, свидетельствующие о положительном влиянии фибры на структурообразование бетона [6] конструкций различного назначения.

Выбор метода возведения дисперсно-армированного железобетонного пролётного строения для высокоскоростных железных дорог в условиях Узбекистана должен учитывать

комплекс факторов [3, 4, 13] и может быть основан на решении двух принципиальных задач, связанных с использованием конструктивных и технологических преимуществ использования фибры. Комплексный учёт факторов способствует формированию бездефектной конструкции путём снижения вероятности образования технологических дефектов на стадии изготовления, транспортировки и монтажа [14].

Первая задача заключается в определении параметров температурного, влажностного ухода за конструкцией дисперсно-армированного пролётного строения, позволяющих обеспечить управление процессом твердения бетона в условиях сухо-жаркого климата и минимизировать образование температурных и усадочных трещин. Задача связана с необходимостью обеспечения отсутствия критических изменений температуры условного, свободного, элементарного объёма железобетонного пролётного строения в период изготовления. При этом установленные пределы возможного изменения температуры на контуре пролётного строения должны исключать возможные деформации и изменения углов элементарного объёма, в соответствии с условием.

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_z = \alpha T \\ \gamma_{xy} = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где: αT – температура;

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ – деформация пролётного строения;

$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ – углы элементарного объёма по плоскостям оси координат.

Предполагается, что поскольку в реальной практике обеспечить идеальное состояние конструкции и полностью исключить температурные напряжения не возможно, схластические напряжения, не учтённые в расчётах, могут восприниматься фиброй, являющейся элементом пространственного армирования. При этом, возможные значения предельных температурных напряжений определяются границами изменения критической температуры в рамках режима температурного, влажностного ухода.

При решении задачи теплотехнического обоснования конструкции установлено, что температурная функция $u(t, x)$ соответствует постоянной начальной температуре и определяет постоянные условия на контуре пролётного строения. Граничные условия определяют предельную величину возможного изменения температуры при установленном режиме ухода в заданных пределах, принятых с учётом температуры наиболее жаркого месяца июля Узбекистана. Методом теплотехнического расчёта получена зависимость изменения результирующей температуры T_s на контуре пролётного строения, возводимого в два приёма, при учёте отсутствия рассеивания тепла в навесе, обеспечивающее снижение температурных напряжений до минимального уровня. Зависимость представлена на рисунке 2.

При проведении расчётов учтены активные факторы, связанные с экзотермической реакцией твердения цемента для состава бетона В40; W12; F300 с расходом цемента 379 кг/м^3 , В/Ц = 0,41, максимальные суточные значения температуры $T_{\max} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, влияющие на прирост температуры конструкции в период нарастания прочности бетона $\Delta_i T_s$ и пассивные факторы, определяемые параметрами тепловлажностного ухода за конструкцией пролётного строения.

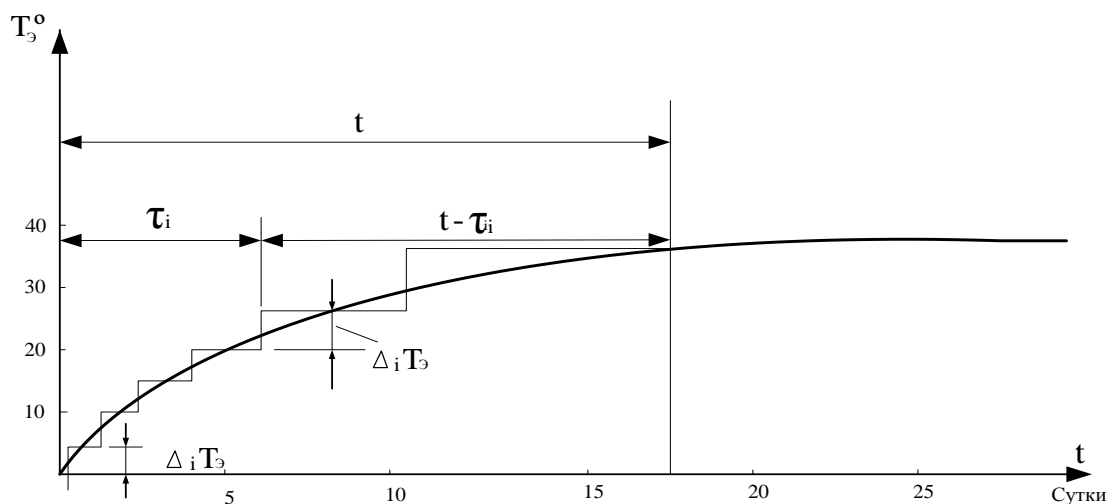


Рисунок 2. График температурного режима при уходе за дисперсно-армированным пролётным строением $L_p = 66$ м в условиях отсутствия рассеивания тепла (разработан авторами)

На основании принятых конструктивных решений для железобетонного пролётного строения $L_p = 66$ м, были определены теплотехнические характеристики конструкции и получена зависимость для использования в технологическом процессе ухода за конструкцией в период первоначального нарастания прочности бетона, представленная на рисунке 2.

Изучение возможных методов возведения монолитных пролётных строений в условиях сухо-жаркого климата определило целесообразность использования специального инвентарного приспособления в виде автономного, светоотражающего навеса.

Вторая задача заключается в уточнении расхода фибры, принятой в расчётах конструкции, исходя из технологических факторов. Задача обуславливается необходимостью учёта при разработке технологии изготовления пролётных строений, вероятностного характера расположения единичной фибры по отношению к направленному расположению λ_{red} расчётной «идеальной» фибры, влияющей на эффективность армирования. Технологическими факторами, влияющими на расположение фибры в пространственной ячейке, являются: порядок введения фибры в смесь, время перемешивания смеси, максимальный размер, расход крупного заполнителя, другие параметры. Расчётные значения были приняты для конструкции пролётного строения, представленного на рисунке 3.

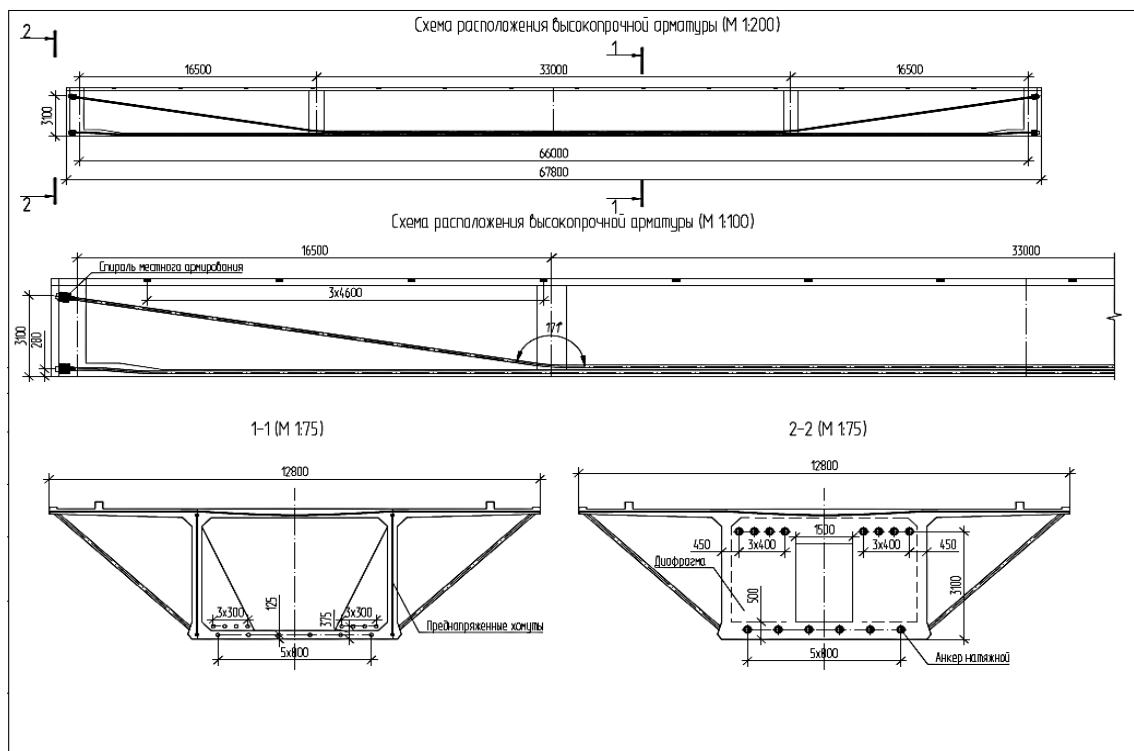


Рисунок 3. Конструкция дисперсно-армированного пролётного строения $L_p = 66$ м (разработан авторами)

Расход фибры, определяемый при разработке конструктивных сечений, позволяет обеспечить требуемое расчётное сопротивление материала и повысить предельный изгибающий момент в рассматриваемом сечении элемента конструкции пролётного строения.

$$R_{bf} > R_b \rightarrow M_f > M. \quad (3)$$

где: R_{bf} – расчетное сопротивление фибробетона;

R_b – расчетное сопротивление бетона;

M_f – изгибающий момент с использованием фибры;

M – изгибающий момент.

Вместе с тем, технологические параметры, требующие уточнения, носят вероятностный характер и влияют на формирование пространственной структуры дисперсно-армированного бетона, что определяет реальные расчётные состояния конструкций. Учёт возможного отклонения фибры от расчётного положения проведён путём принятия соответствующих вероятностных коэффициентов, учитывающих состояния дисперсно-армированной ячейки элементарного сечения в зависимости от технологии и характеристик фибры. В общем виде выражение, учитывающее вероятностный характер расположения фибры в ячейке имеет вид:

$$\lambda_{red} = \lambda_p \lambda_{or} \lambda_{an} K_{тех}, \quad (4)$$

где: λ_p – пересечение единичной фиброй расчётной плоскости;

λ_{or} – отклонение усилий от расчётной плоскости;

λ_{an} – возможности анкеровки фибры;

$K_{тех}$ – равномерность распределение фибры по объёму.

Расчётные коэффициенты, см. таблицу 1, учитывают комплекс состояний, влияющих на формирование пространственной структуры дисперсно-армированной ячейки расчётного сечения в зависимости от технологии изготовления пролётного строения $L=66$ м. Подбор значений коэффициентов осуществлялся в соответствии с условием геометрического подобия расчётных сечений:

$$B/l_f > 100 \text{ и } h/l_f > 100, \quad (5)$$

где: B и h – размеры сечения элемента;

l_f – длина фибры.

Значения коэффициентов, базировались на результатах исследований технологии изготовления дисперсно-армированных конструкций, проведённых Чижевским С.В., Кузнецовым С.А. [10].

Таблица 1

Значения расчётных коэффициентов

Фактор	Наименование и физический смысл вероятностного коэффициента	Диапазон значений
λ_p	пресечение единичной фиброй расчётной плоскости	1.2-1.35
$\lambda_{ог}$	отклонение усилий от расчётной плоскости	1.25-1.38
$\lambda_{ан}$	возможность анкеровки фибры	1.1-1.15
$K_{тех}$	равномерность распределения фибры по объёму	1.4-1.54

Отработка технологических приёмов введения фибры в бетонную смесь для принятых способов возведения пролётных строений поточным методом и методом на сплошных подмостях позволила:

- уточнить значения расчётных технологических коэффициентов для принятого типа фибры и состава бетонной смеси дисперсно-армированных пролётных строений;
- подтвердить принятый в расчётах конструктивных элементов расход фибры 57 кг/м^3 , как расход, достаточный также для восприятия начальных температурных напряжений и учёта вероятностного распределения фибры в объёме конструкции пролётного строения, определяемых технологией его возведения;
- установить, что для дисперсно-армированной конструкции пролётного строения максимальный размер крупного заполнителя должен приниматься из условия, обеспечивающего снижение вероятности деформации пространственной ячейки дисперсно-армированного пролётного строения при заданной густоте армирования и расположении высокопрочной арматуры:

$$2,5D_{max} \leq l_f \quad (6)$$

где: D_{max} – максимальный диаметр крупного заполнителя,

l_f – длина фибры.

Вместе с тем, несмотря на то, что решённые технологические задачи, позволяют сформировать условия для возведения бездефектных конструкций дисперсно-армированных пролётных строений исследование процесса их возведения необходимо продолжить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авир Л.С. Надёжность сборных зданий и сооружений / Л.С. Авир // Ленинград: Ленгипр. отдл, 1971. - 213 с.
2. Бегам Л.Г. Надёжность мостовых переходов через водотоки / Л.Г. Бегам, В.Ш. Цыпин // М: Транспорт, 1984. - 252 с.
3. Бондарь Н.Г. Взаимодействие железнодорожных мостов с подвижным составом / Н.Г. Бондарь, Ю.Г. Козьмин, З.Г. Ройтбурд, и др. // под ред. Н.Г. Бондаря. – М.: Транспорт, 1984. – 272 с.
4. Ботвинкин Н.Н. Руководство по сейсмостойкости сооружений / Н.Н. Ботвинкин // Ташкент, Средне-Азиатское отд.: Объед. Гос. Изд., 1993. 160 с.
5. Кузнецова И.О., Уздин А.М., Шермухамедов У.З., В. Хайбинь. Использование упругого полупространства для моделирования оснований при оценке сейсмостойкости больших мостов / И.О. Кузнецова, А.М. Уздин, У.З. Шермухамедов, В. Хайбинь // Журнал «Вестник гражданских инженеров». Вып. 3, 2010. - с. 91-95.
6. Пухаренко Ю.В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетона / Ю.В. Пухаренко // Санкт-Петербург: Вестник гражданских инженеров. – 2014. – 98-103.
7. Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х., Мардонов Б. Колебания сооружений, взаимодействующих с грунтом / Т.Р. Рашидов, Г.Х. Хожметов, Б.Н. Мардонов // Ташкент: Фан, 1975. - 173 с.
8. Смирнов В.Н. Особенности высокоскоростного движения железнодорожных экспрессов по мостам / В.Н. Смирнов // Санкт-Петербург: 2015. – 57 с.
9. Честной В.М. Железобетонные мосты: температура и надёжность / В.М. Честной // М: Транспорт, 1991. – 135 с.
10. Чижов С.В., Дисперсно-армированный бетон в конструкциях мостов. Область применения методы расчёта: монография / С.В. Чижов, С.А. Кузнецов // Санкт-Петербург - 2014 – 56 С.
11. Чижов С.В. К обоснованию надёжности конструкции дисперсно-армированного пролётного строения под высокоскоростные железнодорожные магистрали в условиях республики Узбекистан / С.В. Чижов, В.С. Прокопович, Э.Т. Яхшиев // Санкт-Петербург: Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. - 2014. - №2 (47). – С. 239-246.
12. Чижов С.В. Оценка безопасности мостов с учётом динамического фактора надёжности / С.В. Чижов, Э.Т. Яхшиев, Л.К. Дьяченко // Санкт-Петербург: Санкт-Петербург: Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. - 2014. - №2 (47). – С. 247-254.
13. Чижов С.В. О требованиях к мостам при высокоскоростном движении / С.В. Чижов, Э.Т. Яхшиев // Санкт-Петербург: Изв. ПГУПС. - 2014. - №4. – С. 87-91.
14. Шермухамедов У.З. Гашение продольных сейсмических колебаний опор балочных мостов с сейсмоизолирующими опорными частями: Автореферат, к.т.н. / У.З. Шермухамедов // Москва: МИИТ, 2010. – 23 с.

Chizhov Sergey Vladimirovich

Petersburg state transport university, Russia, Saint Petersburg
E-mail: sergchizh@yandex.ru

Yahshiev Elbek Talipovich

Petersburg state transport university, Russia, Saint Petersburg
E-mail: elbek-8420@mail.ru

The method of construction of the dispersion-reinforced concrete bridge spans in a dry, hot climate

Abstract. This research is the development and scientific substantiation of the method of construction of the dispersion-reinforced concrete buildings in a dry, hot climate for high-speed rail lines, identifying the advantages associated with the use of fiber in the construction phase, identify ways to reduce total costs while providing quality characteristics of grade spans in step construction.

Of particular relevance the issue of technological efficiency of the erection of such structures becomes in a dry, hot climate, which increases the risk of technological defects associated with daily changes in temperature and low humidity, leading to the formation of shrinkage and temperature cracks in structures of spans in the construction phase. The analysis is based on objective parameters of instrumental control, resulting from field surveys concrete spans, results of laboratory tests of samples, the results of mathematical modeling of structural and technological parameters. The synthesis of the results obtained by natural and mathematical method of "reverse" in terms of the choice of the optimal model of the construction design Fibrous concrete the span allows you to objectively establish the relationship parameters of construction technology with the reliability spans. The work is aimed at solving the application problem, with regard to the conditions of Uzbekistan and defines the parameters of dispersion-reinforced concrete the span $L_r = 66$ m, due to the terms of reference for research in relation to the construction of bridge structures for high-speed rail.

Keywords: reliability; technological process; temperature stress; deformation; dispersion-reinforced spans; fracture; failure mode of administration fiber; heat and humidity treatment

REFERENCES

1. Avir L.S. Nadezhnost' sbornykh zdaniy i sooruzheniy / L.S. Avir // Leningrad: Lengipr. otdl, 1971. - 213 s.
2. Begam L.G. Nadezhnost' mostovykh perekhodov cherez vodotoki / L.G. Begam, V.Sh. Tsypin // M: Transport, 1984. - 252 s.
3. Bondar' N.G. Vzaimodeystvie zheleznodorozhnykh mostov s podvizhnym sostavom / N.G. Bondar', Yu.G. Koz'min, Z.G. Roytburd, i dr. // pod red. N.G. Bondarya. – M.: Transport, 1984. – 272 s.
4. Botvinkin H.H. Rukovodstvo po seysmostoykosti sooruzheniy / H.H. Botvinkin // Tashkent, Sredne-Aziatskoe otd.: Ob"ed. Gos. Izd., 1993. 160 s.
5. Kuznetsova I.O., Uzdin A.M., Shermukhamedov U.Z., V. Khaybin'. Ispol'zovanie uprugogo poluprostranstva dlya modelirovaniya osnovaniy pri otsenke seysmostoykosti bol'shikh mostov / I.O. Kuznetsova, A.M. Uzdin, U.Z. Shermukhamedov, V. Khaybin' // Zhurnal «Vestnik grazhdanskikh inzhenerov». Vyp. Z, 2010. - s. 91-95.
6. Pukharenko Yu.V. Printsipy formirovaniya struktury i prognozirovaniye prochnosti fibrobetona / Yu.V. Pukharenko // Sankt-Peterburg: Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2014. – 98-103.
7. Rashidov T.R., Khozhmetov G.Kh., Mardonov B. Kolebaniya sooruzheniy, vzaimodeystvuyushchikh s gruntom / T.R. Rashidov, G.Kh. Khozhmetov, B.N. Mardonov // Tashkent: Fan, 1975. - 173 s.
8. Smirnov V.N. Osobennosti vysokoskorostnogo dvizheniya zheleznodorozhnykh ekspressov po mostam / V.N. Smirnov // Sankt-Peterburg: 2015. – 57 s.
9. Chestnoy V.M. Zhelezobetonnye mosty: temperatura i nadezhnost' / V.M. Chestnoy // M: Transport, 1991. – 135 s.
10. Chizhov S.V., Dispersno-armirovanny beton v konstruktsiyakh mostov. Oblast' primeneniya metody rascheta: monografiya / S.V. Chizhov, S.A. Kuznetsov // Sankt-Peterburg - 2014 – 56 S.
11. Chizhov S.V. K obosnovaniyu nadezhnosti konstruktsii dispersno-armirovannogo proletnogo stroeniya pod vysokoskorostnye zheleznodorozhnye magistrali v usloviyakh respubliki Uzbekistan / S.V. Chizhov, V.S. Prokopovich, E.T. Yakhshiev // Sankt-Peterburg: Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2014. - №2 (47). – S. 239-246.
12. Chizhov S.V. Otsenka bezopasnosti mostov s uchetom dinamicheskogo faktora nadezhnosti / S.V. Chizhov, E.T. Yakhshiev, L.K. D'yachenko // Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburg: Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2014. - №2 (47). – S. 247-254.
13. Chizhov S.V. O trebovaniyakh k mostam pri vysokoskorostnom dvizhenii / S.V. Chizhov, E.T. Yakhshiev // Sankt-Peterburg: Izv. PGUPS. - 2014. - №4. – S. 87-91.
14. Shermukhamedov U.Z. Gashenie prodol'nykh seysmicheskikh kolebaniy opor balochnykh mostov s seysmoizoliruyushchimi opornymi chastyami: Avtoreferat, k.t.n. / U.Z. Shermukhamedov // Moskva: MIIT, 2010. – 23 s.