

8. ГОСТ 34011-2016. Системы газораспределительные. Пункты газорегуляторные блочные. Пункты редуцирования газа шкафные. Общие технические требования : дата введения 2017-09-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и стандартизации. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 22 с;
9. Современный подход к решению проблемы обогрева и утепления шкафных пунктов редуцирования газа // Ассоциация газовых хозяйств Сибири и Дальнего Востока «Сибдальвостокгаз» : [сайт]. – 2019. URL: <http://www.sibgazovik.ru/news/association/2013-11-15/> (дата обращения 20.12.2019);
10. Установка манометра: правила и требования // Станки, технологии, оснастка: stankiexpert.ru. – 2019. URL: <https://stankiexpert.ru/tehnologicheskaya-osnastka/prisposobljeniya/ustanovka-manometra.html> (дата обращения 02.01.2020);
11. Фундамент под ГРПШ // Энциклопедия строительства и ремонта: readmehouse.ru. – 2019. URL: <https://readmehouse.ru/fundament/fundament-pod-grpsh.html> (дата обращения 20.12.2019);
12. ГОСТ Р 54960-2012. Системы газораспределительные. Пункты газорегуляторные блочные. Пункты редуцирования газа шкафные : дата введения 2013-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 22 с;
13. ГОСТ Р 53865-2010. Системы газораспределительные. Термины и определения : дата введения 2011-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 12с;
14. СНиП 2.04.08-87*. Газоснабжение // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: docs.cntd.ru. – 2019. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001048> (дата обращения 20.12.2019);
15. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: docs.cntd.ru. – 2019. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 21.12.2019);
16. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 18 марта 2003 г. N 9) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: docs.cntd.ru. – 2019. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901856948> (дата обращения 21.12.2019);
17. Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторных установок // КиберПедия. Информационный ресурс : cyberpedia.su. – 2019. URL: <https://cyberpedia.su/6x27d9.html>

© П. В. Вишнякова, Т. В. Ефремова

Ссылка для цитирования:

П. В. Вишнякова, Т. В. Ефремова. Разработка критериев для определения типа реконструкции существующих пунктов редуцирования газа // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 16–22.

УДК 696.2

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА СЕТИ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Т. В. Ефремова, Д. Ю. Мирнов

Институт архитектуры и строительства

Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия

Приводятся требования по проектированию систем газопотребления автономных источников теплоснабжения – крышных котельных, предназначенных для отопления жилых зданий высотой до 75 м. Рассматриваются особенности гидравлического режима систем газоснабжения низкого давления крышных котельных. Уделяется особое внимание определению потерь давления на вертикальном участке наружного газопровода. Приводятся математические зависимости и графики для определения потерь давления. Анализируется необходимость учета гидростатического напора, возникающего на вертикальном участке наружного газопровода. Также учитываются требования по ограничению уровня шума, возникающего при движении газа по трубам, путем ограничения скорости движения газа в газопроводах низкого давления до 7 м/с.

Ключевые слова: крышная котельная, система газопотребления, гидравлический режим, гидростатический напор, допустимый уровень шума, стабилизатор давления.

FEATURES OF HYDRAULIC MODE OF A GAS CONSUMPTION NETWORK OF AUTONOMOUS ROOF BOILER HOUSES FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

T. V. Efremova, D. Yu. Mirnov

Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

The article provides requirements for the design of gas consumption systems of autonomous heat supply sources - roof boiler rooms, designed for heating residential buildings up to 75 m high. Features of the hydraulic mode of low pressure gas supply systems of roof boiler rooms are considered. Particular attention is paid to the determination of pressure losses in the vertical section of the external gas pipeline. Mathematical dependencies and graphs for determining pressure losses are given. The necessity of taking into account the hydrostatic pressure arising in the vertical section of the external gas pipeline is analyzed. The requirements are also taken into account to limit the noise level that occurs when gas moves through pipes by limiting the gas velocity in low pressure pipelines to 7 m / s.

Keywords: roof boiler, gas consumption system, hydraulic mode, hydrostatic pressure, permissible noise level, pressure stabilizer.

В настоящее время достаточно распространены варианты теплоснабжения отдельных жилых домов от автономного источника. Для жилых домов нормативными документами разрешается

применение пристроенных и крышных теплогенераторных (при мощности до 360 кВт) [1] и котельных (при мощности свыше 360 кВт) [2]. Крышные котельные имеют свои особенности:

- не занимает участок земли;
- максимальная близость к потребителям позволяет минимизировать потери тепла;
- верхние этажи получают тепло в максимальном объеме;
- не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- даже небольшая высота трубы обеспечивает безопасное рассеивание продуктов сгорания;
- стоимость единицы тепла определяется стоимостью природного газа.

К недостаткам можно отнести значительную стоимость оборудования, так как для таких источников тепла, как правило, применяют котлы импортного производства [3].

Одним из параметров, определяющим оптимальную работу котельной, является давление перед газогорелочными устройствами. Несмотря на наличие газовой рампы и входящего в нее, как правило, стабилизатора давления, значение давления в подводящем газопроводе должно находиться в определенных пределах, определяемых заводом-изготовителем газогорелочного устройства, входящего в комплект поставки оборудования.

Согласно [4] котельные могут устанавливаться на крышах жилых домов высотой до 75,0 м. Для теплогенераторных таких ограничений в действующей нормативной литературе нет. Согласно п. 4.13 [1] тепловая мощность крышных котельных при определенных условиях может достигать 5,0 МВт.

Источником газоснабжения для крышных котельных, как правило, является пункт редуцирования газа (ПРГ), расположенный вблизи газифицируемого здания. Для жилых домов используются газогорелочные устройства, работающие на низком давлении (до 0,005 МПа). Потери давления в системе газопотребления крышной котельной согласно [5] определяются по формуле

$$P_n - P_k = 626,1\lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l, \quad (1)$$

где P_n – давление в начале газопровода, Па;

P_k – давление в конце газопровода, Па;

λ – коэффициент гидравлического трения;

l – расчетная длина газопровода постоянного диаметра, м;

d – внутренний диаметр газопровода, см;

ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

Q_0 – расход газа, м³/ч, при нормальных условиях.

Расчетный диаметр d_p , см, рекомендуется определять по выражению

$$d_p = m^1 \sqrt{\frac{AB\rho_0 Q_0^m}{\Delta P_{уд}}}, \quad (2)$$

Где A, B, m, m^1 – коэффициенты, определяемые по СП 42-101-2003 в зависимости от категории сети (по давлению) и материала газопровода;

$\Delta P_{уд}$ – удельные потери давления, Па/м, определяемые по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{доп}$ – допустимые потери давления, Па;

L – расстояние до самой удаленной точки, м.

Для стальных газопроводов низкого давления $A = 626, B = 0,022, m = 2, m^1 = 5$.

Так как основные участки газопровода для крышной котельной надземные и внутренние, то необходимо учитывать нормируемые ограничения по скорости движения газа (для низкого давления не более 7 м/с).

Самым протяженным участком рассматриваемой сети является подъем газопровода по стене от земли до котельной на крыше. Потери давления на вертикальном участке, как правило, являются основными, но здесь необходимо учитывать гидростатический напор, который определяется по формуле

$$H_g = \pm g \cdot h(\rho_a - \rho_0), \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

h – разность абсолютных отметок начальных и конечных точек участка газопровода, м;

ρ_a – плотность воздуха, кг/м³, при нормальных условиях, $\rho_a = 1,293$ кг/м³.

Практика показывает, что при разработке проекта сети газопотребления крышной котельной, проектировщики на предварительном этапе не всегда выполняют гидравлический расчет системы. Очень часто при выполнении гидравлического расчета не учитывается гидростатический напор, который играет существенную роль при гидравлическом расчете сетей низкого давления.

Для вертикального участка газопровода к крышной котельной гидростатический напор будет иметь знак «минус», то есть уменьшать потери давления на участке. При определенной высоте здания и диаметре газопровода может возникнуть ситуация, когда гидростатический напор будет равен по значению потерям давления или даже превышать их. Если при выполнении гидравлического расчета учитывать только потери давления (без учета гидростатического напора), то это может привести к необоснованному завышению диаметра газопровода, что в свою очередь приводит к удорожанию строительного-монтажных работ.

Для определения оптимального диаметра газопровода необходимо выполнение условия:

$$P_n - P_k = \Delta P = H_g. \quad (5)$$

С учетом известных данных, принимая плотность газа 0,73 кг/м³, коэффициент гид-

равлического трения 0,02, длину участка, равную высоте вертикального участка, можно получить зависимость оптимального диаметра газопровода от расхода газа:

$$d = 1,11Q_0^{0,4}. \quad (5)$$

Из выражения (5) можно получить обратную зависимость расхода газа от диаметра газопровода:

$$Q_0 = 0,78d^{2,5}. \quad (6)$$

На основании уравнения (6) определены оптимальные расходы газа для наиболее распространенного диапазона труб при разной высоте здания.

Таблица 1

Оптимальные расходы газа в зависимости от диаметра газопровода

Диаметр газопровода D_v , мм	50	65	80	100	150	200
Расход газа, $м^3/ч$	43,6	84,0	141,2	246,7	679,7	1395,3

С учетом ограничения по скорости движения газа максимально допустимый расход газа можно определить по выражению

$$Q_0 = 1,98d^2. \quad (7)$$

Таблица 2

Максимальные расходы газа в зависимости от диаметра газопровода

Диаметр газопровода D_v , мм	50	65	80	100	150	200
Расход газа, $м^3/ч$	49,5	97,0	136,4	198,0	445,5	792,0

Анализ результатов таблиц 1 и 2 показывает, что только для диаметра 50 и 65 мм при определении оптимального расхода газа соблюдается условие по допустимой скорости движения газового потока. При больших диаметрах оптимальные расходы газа превышают значения, определяемые условием по ограничению уровня шума. Результаты расчетов отражены на рисунке 1.

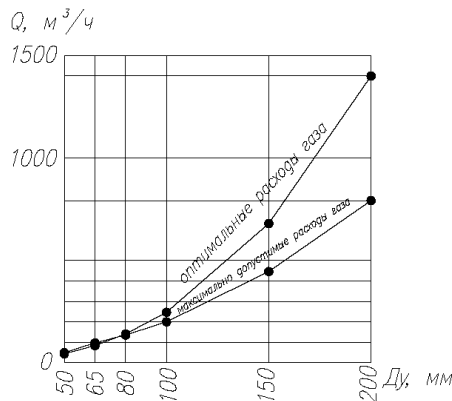


Рис. 1. Соотношение оптимальных и максимально допустимых расходов газа

Если за основу взять требование ограничения скорости газа, то практически для всех диаметров газопровода (кроме Ду 50 мм) гидростатический напор, возникающий на 1 м вертикального участка, превышает удельные потери давления на трение. При этом давление в верхней точке газопровода будет больше давления внизу. Причем можно отметить следующую закономерность: чем больше диаметр, тем больше давление в верхней точке. Результаты расчета отражены в таблице 3 и рисунке 2.

Таблица 3

Потери давления на вертикальном участке газопровода

Диаметр газопровода D_v , мм	50	65	80	100	150	200
Расход газа, $м^3/ч$	49,5	97,0	136,4	198,0	445,5	792,0
$\Delta P_{тр}$, Па/м	7,17	5,12	5,19	3,58	2,39	1,40
$H_{г}$, Па/м	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52
$\Delta P_{уч}$, Па/м	+1,65	-0,50	-0,33	-1,94	-3,13	-4,12
$\Delta P_{уч}$, Па, при $H=75$ м	+123,8	-37,5	-24,8	-145,5	-234,8	-309,0

Результаты расчетов в таблице 3 показывают, что при соблюдении условия допустимой скорости движения газа на вертикальных участках возникает ситуация, когда давление газа в верхней точке превышает давление газа в начале участка (кроме диаметра Ду 50). Причем наблюдается закономерность – чем больше диаметр, тем больше это превышение. То есть, ни при каких допустимых условиях потери давления, начиная с диаметра Ду 65, не будут превышать гидростатический напор.

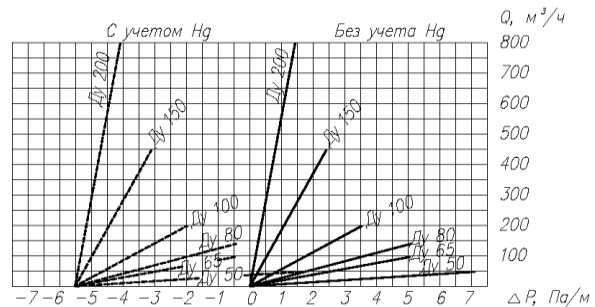


Рис. 2. Потери давления на вертикальном участке газопровода

При диаметрах меньших Ду 65 представляется целесообразным определить расходы газа, при которых потери давления равны гидростатическому напору, т.е. давление в нижней точке вертикального участка равно давлению в верхней точке (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Номинальные расходы газа для диаметров 15–50 мм

Ду, мм	15		20		25		32		40		50	
Q, м ³ /ч	4,5	2,15	7,92	4,41	12,4	7,71	20,3	14,3	30,0	25,0	49,5	43,6
ΔP _{тр} , Па/м	24,4	5,52	17,9	5,52	14,4	5,52	11,2	5,52	8,03	5,52	7,17	5,52
H _г , Па/м	5,52											
ΔP _{уч} , Па/м	18,9	0	12,4	0	8,9	0	5,7	0	2,51	0	1,65	0

Следует отметить, что диаметры менее 50 мм крайне редко применяют в качестве подводящего газопровода к крышным котельным. Максимальный расход для Ду 50 мм (49,5 м³/ч) может быть у теплогенераторных, вырабатывающих горячую воду для отопления небольших зданий (общей площадью не более 450 м²). Поэтому данные таблицы 4 и рисунка 3 интересны для теоретических исследований, но мало применимы на практике.

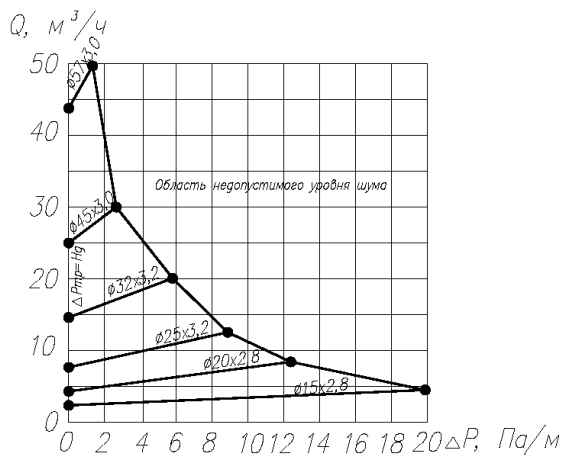


Рис. 3. Потери давления на вертикальном участке для Ду 15–50 мм

В целом гидростатический напор оказывает небольшое влияние на общий гидравлический режим газопроводов крышной котельной. Максимальное его значение достигает 414 Па при высоте здания 75 м.

Система внутреннего газоснабжения котельной представляет собой конструкцию, состоящую из труб, отводов, тройников, переходов, а также различного газового оборудования: предохранительных клапанов (термозапорного и электромагнитного), счетчика газа (при отсутствии его в ПРГ), отключающих устройств (кранов, задвижек). Правильное определение потерь давления во всех компонентах газовой сети определяет стабильный гидравлический режим в целом. Однако исключение значений гидростатического напора из гидравлического расчета может привести к нарушению работы газовой горелки, не имеющей дополнительных устройств стабилизации давления.

В настоящее время российскими и зарубежными производителями выпускается достаточно широкий ряд стабилизаторов давления, устанавливаемых перед газогорелочным устройством и предназначенных для обеспечения необходимого давления. С другой стороны, необоснованная установка стабилизатора давления приводит к удорожанию системы и созданию дополнительного местного сопротивления на газопроводе. Поэтому правильно выполненный гидравлический расчет, учитывающий все нюансы движения газа по трубопроводам, позволяет не только обеспечить оптимальный режим работы газогорелочного устройства, но и разработать на стадии проектирования экономически и технически обоснованную систему газопотребления.

Список литературы

- СП 281.1325800.2016. Установки теплогенераторные мощностью до 360 кВт, интегрированные в здания. Правила проектирования и устройства. М.: Минстрой России, 2016 – 47 с.
- СП 89.13330.2012. Котельные установки. М.: Минрегион России, 2012. 93 с.
- Крышная котельная многоэтажного дома [Электронный ресурс] <https://stanko-servis.ru/insulation/kryshnaya-kotel'naya-mnogoetazhnogo-doma-kotel'naya-na-kryshe.html> (дата обращения 14.01.2020)
- СП 373.1325800.2018. Источники теплоснабжения автономные. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2018. – 48 с.
- СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб [Текст]. – Москва: Полимергаз, 2003 – 165 с.
- СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изменениями № 1, 2). М.: Полимергаз, 2011. – 64 с.
- ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2015 – 23 с.
- ГОСТ Р 58095.0-2018. Системы газораспределительные. требования к сетям газопотребления. часть 0. Общие положения. М.: Фед. аг-во по техническому регулированию и метрологии. – 45 с.
- Постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 (ред. от 23.06.2011) "Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления
- Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
- Стаскевич Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Вигдорчик – Л.: Недра, 1990 – 762 с.
- Мариненко Е.Е. Газоснабжение: учебное пособие [Текст]/ Е.Е. Мариненко, Т.В. Ефремова – Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. – 196 с.
- Стабилизаторы давления газа СД-5К, СД-15 [Электронный ресурс] <http://gazmashprom-s.ru/otechestvennyye-regulatory/365-sd-5k-sd-15.html> (дата обращения 10.01.2020)

14. Стабилизаторы давления газа [Электронный ресурс] <https://progazosnabgenie.ru/gazovye-kotly-i-otoplenie/stabilizator-davleniya-gaza.html> (дата обращения 10.01.2020)
15. Регулятор-стабилизатор давления газа [Электронный ресурс] <https://istra-gaz.ru/drugoe/regulyator-stabilizator-davleniya-gaza.html> (дата обращения 11.01.2020)

© Т. В. Ефремова, Д. Ю. Мирнов

Ссылка для цитирования:

Т. В. Ефремова, Д. Ю. Мирнов. Особенности гидравлического режима сети газопотребления автономных крышных котельных для жилых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 22–26.

УДК 624.21.012.4(043.3)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СЖИМАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
С КОРРОЗИОННЫМИ ПРОДОЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ В ЗАЩИТНОМ СЛОЕ БЕТОНА**

К. В. Шамшина

ГБУ при Губернаторе и Правительстве Пензенский области, г. Пенза, Россия

Обоснована возможность повышения работоспособности железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия агрессивных хлоридсодержащих сред, за счёт соблюдения конструктивной целостности их поверхности. Приведены разработанные методики и результаты длительных натурных и кратковременных лабораторных испытаний прямых моделей железобетонных конструкций. Представлены полученные расчётные функциональные зависимости изменения геометрических параметров коррозионных продольных трещин в защитном слое бетона при отсутствии действующей нагрузки, определяющих характер механизма коррозии арматуры в них как незатухающий электрохимический процесс, а также изменения абсолютных и относительных деформаций опытных образцов как с коррозионными продольными трещинами, так и без них в зависимости от относительных значений величины разрушающей сжимающей нагрузки.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, коррозионные продольные трещины, абсолютные и относительные деформации сжатия.

**EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF DEFORMATION PROPERTIES
OF COMPRESSIBLE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
WITH CORROSION LONGITUDINAL CRACKS IN THE PROTECTIVE LAYER OF CONCRETE**

K. V. Shamshina

GBU under the Governor and the Government of the Penza Region, Penza, Russia

The article deals with the possibility of increasing the efficiency of reinforced concrete structures operating under aggressive exposure of chloride-containing media due to compliance with their structural integrity surface. The developed methods and results of long-term natural and short-term laboratory tests of direct models of reinforced concrete constructions are shown. The article presents the calculated functional dependencies of changes in the geometric parameters of longitudinal corrosion cracks in the protective concrete layer in the absence of an active load which determines the mechanism of corrosion reinforcement in them as a continuous electrochemical process as well as changes in the absolute and relative deformations of prototypes as with longitudinal corrosion cracks and without them depending on the relative values of the value of destructive compressive load.

Keywords: reinforced concrete structures, longitudinal corrosion cracks, absolute and relative compression deformations.

Вводная часть

Воздействию агрессивных хлоридсодержащих сред подвергаются до 75 % инженерных конструкций на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной, текстильной и пищевой промышленности, а также в дорожно-мостовом хозяйстве и на объектах, расположенных вблизи морских побережий [1].

Основным фактором снижения срока службы железобетонных конструкций, в том числе перекрытий и покрытий, является коррозия стальной арматуры [2]. В России из-за коррозии арматуры фактическая долговечность автодорожных железобетонных пролётных строений мостов составляет не более 35 лет, по сравнению с нормативным сроком эксплуатации от 50 до 80 лет, с ежегодным однопроцентным обрушением от их общего количества [3].

Появление продольных трещин в железобетонных элементах является предвестником их катастрофы типа «Экстремум» [4].

Отечественные строительные нормы не содержат рекомендации, учитывающие влияние коррозии арматуры на трещиностойкость и деформативность железобетонных конструкций.

Автору данной научной работы не известны опубликованные в научных изданиях как в России, так и в зарубежных странах проводимые экспериментальные исследования на несущих железобетонных конструкциях с коррозионными продольными трещинами в защитном слое бетона, полученные естественным путём. Поэтому, из-за отсутствия научных результатов по этой научной проблеме, с учётом разработанной методики испытания, были проведены длительные натурные и кратковременные лабораторные экспериментальные исследования на прямых