PolotskSU

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА

БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)

АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)

ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

PolotskSU

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:
А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

ISBN 978-985-531-608-5 © Полоцкий государственный университет, 2018

PolotskSU

УДК 620.169.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Т.Г. Козьянина, А.И. Колтунов
Полоцкий государственный университет, Беларусь
email: t.ermolaeva@psu.by

При реконструкции существующих зданий и сооружений немаловажным этапом является определение характеристик арматуры и бетона (толщина защитного слоя, расположение арматуры, диаметр, прочностных характеристик и т.п.). В данной статье представлен анализ возможности корректного использования на практике метода контроля прочности арматуры по результатам измерения твердости, представлены зависимости перехода от твердости к классу арматурной стали, используемой в преднапряженных конструкциях, обобщен опыт использования приборов контроля прочности бетона.

Ключевые слова: неразрушающие методы контроля, арматурная сталь, переносные твердомеры, твердость арматурной стали, бетон, прочностные характеристики бетона.

USING NON-DESTRUCTIVE METHODS OF CONTROL IN THE EXAMINATION OF CONSTRUCTIONS OF RECONSTRUCTED BUILDINGS

T. Kazyanina, A. Koltunov
Polotsk State University, Belarus
email: t.ermolaeva@psu.by

When reconstructing existing buildings and structures, an important stage is the determination of the characteristics of reinforcement and concrete (the thickness of the protective layer, the location of the reinforcement, the diameter, strength characteristics, etc.). This article presents an analysis of the possibility of correct use of the method of checking the strength of reinforcement on the basis of hardness measurement results. The dependence of the transition from hardness to the class of reinforcing steel used in prestressed structures is presented. The experience of using concrete strength control is generalized.

Keywords: non-destructive testing methods, reinforcing steel, portable hardness testers, hardness of reinforcing steel, concrete, strength characteristics of concrete.

В большинстве нормативных и технических документов по обследованию зданий и сооружений предоставлены рекомендации по определению прочностных свойств арматуры. Однако не все методы позволяют достоверно и точно определить искомые характеристики. Часть методов устарела, некоторые практически не применимы из-за трудностей, сопровождающих их использование. Перспективными считаются неразрушающие методы, позволяющие определить класс арматуры по измерению твердости стали. Исследованиям зависимости между прочностью и твердостью сталей на сегодняшний день посвящено много работ. Основополагающая зависимость для сталей отражена в ГОСТ 2276-77 «Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия» [1, 2].

PolotskSU

На базе Полоцкого государственного университета проводились экспериментальные исследования твердости преднапряженной арматуры, влияния глубины среза арматурного стержня с использованием переносного твердомера. Выполнен анализ влияния физико-механических характеристик бетона и арматуры на несущую способность конструкций с учетом погрешностей методов измерения.

Для проведения экспериментальных работ были отобраны образцы классов S800, S540 и S600. В ходе планирования эксперимента было определено количество образцов, необходимое для получения зависимости «твердость – прочность», определены факторы, влияющие на результаты испытаний. В качестве варьируемых факторов рассматривались способы получения арматуры (термомеханически-упрочненная, полученная за счет легирующих добавок), величина среза арматурного стержня (размер шлифа 1,2,3 мм), диаметры арматуры (10, 12,14 мм). На каждом стержне производилось по 15 испытаний.

В результате проделанной работы определена зависимость между показателями твердости и временным сопротивлением материалов испытываемых образцов. При помощи соотношения значений временного сопротивления образцов и их показателей твердости в программе Excel была получена линейная зависимость:

$$\sigma_B = (15HR + 570) \pm 5 \text{ при } p = 0{,}7973.$$

С учетом изменчивости временного сопротивления для изучаемых классов можно выделить зоны идентификации класса арматуры. Для сравнения приведем наглядное отражение зонирования классов арматуры по граничным значениям временного сопротивления и твердости стали для образцов диаметром 12 мм, классов S540 и S800 на срезе 1, 2, 3 мм (рис. 1).

Из приведенных графиков можно сделать вывод, что оптимальной глубиной среза для определения временного сопротивления является шлиф 2 мм. Так как на рисунке 1 видно, что только на срезе 2 мм значения временного сопротивления для классов S540, S600 и S800 не дают пересечения на графике. Однако, необходимо проведение дополнительных исследований для арматурных стержней больших диаметров, так как при больших диаметрах необходимая глубина среза может оказаться больше, в зависимости от способа изготовления арматуры.

Проверка возможности использования метода неразрушающего контроля выполнялась на плите пустотного настила серии 1.141-1. Диаметр арматуры уточнялся путем механического вскрытия защитного слоя арматуры. При этом определялось состояние арматуры, характер и степень ее коррозии, которая оценивалась глубиной и площадью повреждения. Механические характеристики арматуры определялись по виду профиля, установленного при вскрытии, а также при помощи портативного твердомера Константа К5У, на заранее подготовленных поверхностях, с последующим выведением зависимости «прочность-твердость».

Испытания для определения твердости образцов арматурной стали проводились с использованием портативного твердомера Константа К5У. Методику определения класса арматуры можно представить следующим образом:

1. Определение положения арматурных стержней.

2. Вскрытие защитного слоя бетона и определение параметров армирования при помощи косвенных характеристик в местах, где арматурный стержень не достигает максимальных изгибающих моментов и не нарушается анкеровка (на расстоянии ¼ длины пролета).

3. Очистка поверхности арматурного стержня с устройством среза необходимой глубины длинной 100 мм на каждом стержне.

PolotskSU

4. Поверхность образцов в месте испытания дорабатывается до необходимой шероховатости угловой шлифовальной машинкой (УШМ) с использованием насадки малой зернистости. Параметр шероховатости должен быть не более Ra = 0,32 мкм [6].

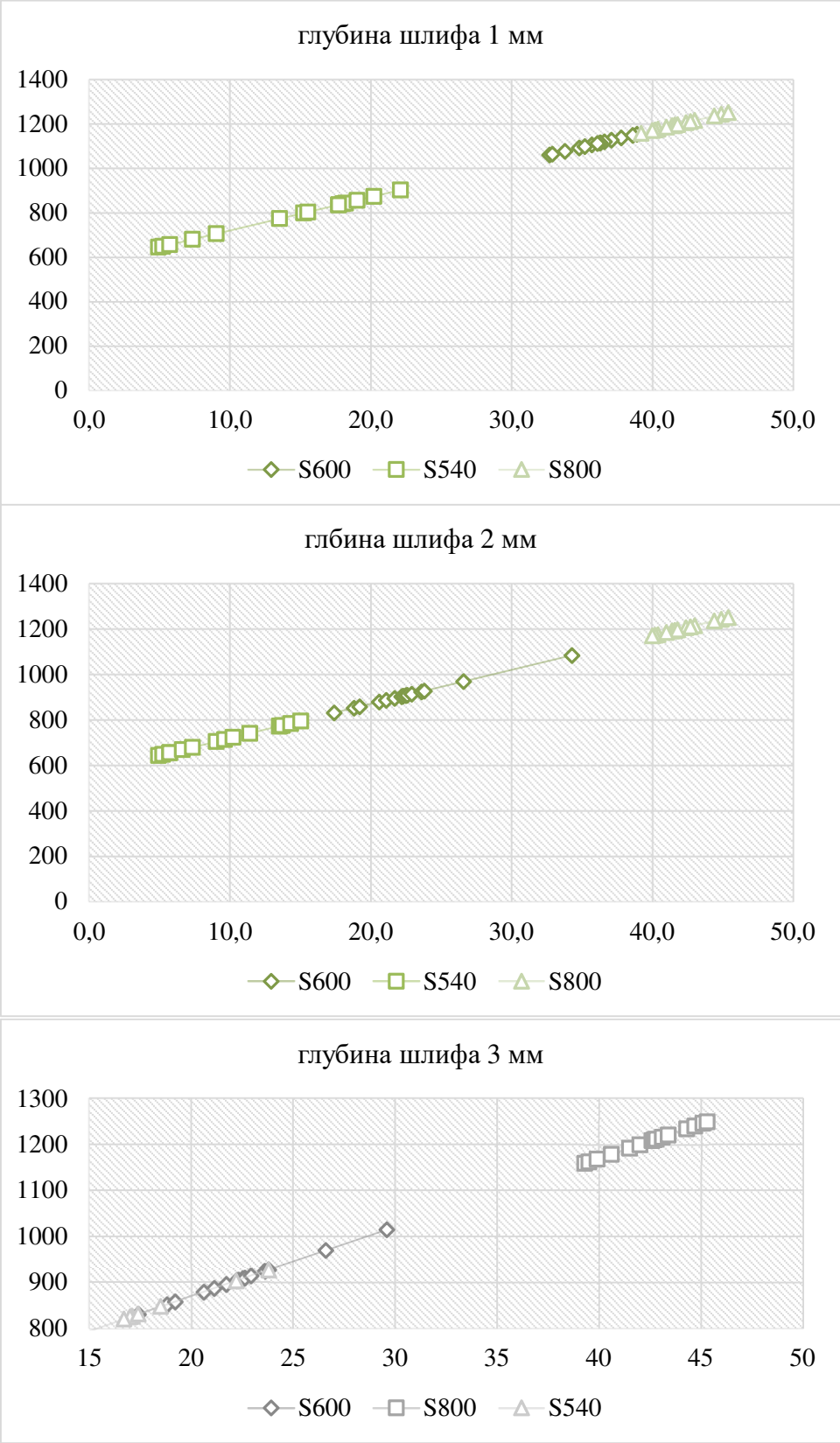

Рисунок 1 – Зонирования классов арматуры по граничным значениям временного сопротивления и твердости стали

PolotskSU

5. Выполнение 15 испытаний для каждого стержня.

6. Выведение среднего и определение временного сопротивления арматурного стержня по выведенной зависимости «твердость-прочность».

Так как при испытаниях арматурного стержня в теле железобетонной конструкции и зажатых в тисках, на результатах измерений могут сказываться условия фиксации, то были проведены сравнительные испытания на стержнях, извлеченных из существующей конструкции и находящихся в ее теле. В обоих случаях показания твердомера не имели существенных отличий. Таким образом, можно сделать вывод о достоверности проведенных испытаний.

Что касается определения прочностных характеристик бетона, имеется большое число методов контроля применяемых на практике. Условно их можно разделить на три основные группы: разрушающие, путем отбора проб, неразрушающее прямые и неразрушающие косвенные. Среди наиболее распространенных на сегодняшний день методов неразрушающего контроля для определения прочности бетона являются методы третьей группы: ультразвуковой метод по ГОСТ 17624-2012 [3], методы ударного импульса и упругого отскока по ГОСТ 22690-88 [4]. Стоит отметить, что ультразвуковые приборы могут использоваться не только для контроля прочности бетона, но и для дефектоскопии, контроля качества бетонирования, определения глубины трещин и т. д. Также следует отметить, что прочность бетона не является единственным фактором, влияющим на долговечность и прочность всей конструкции в целом. Бетон следует рассматривать как материал с колеблющимися характеристиками по случайному принципу. Для достижения одного и того же класса бетона можно использовать множество различных вариаций составов бетонной смеси. Таким образом конструкции имеющие один и тот же класс бетона могут различаться по своей структуре. Это связано с применением различных технологических и материаловедческих подходов. К основным факторам, влияющим на структуру бетонного камня можно отнести применения различных марок цемента, различное содержание минеральных добавок в цементе, вариации марок бетонной смеси по удобоукладываемости, водоцементное отношение, изменения которого связаны с использованием цемента различной активности, а также с применением различных модифицирующих добавок. Таким образом в пределах одной и той же прочности можно получить конструкции с различной структурой, повышение водоцементного отношения приводит к увеличению пористости, а, следовательно, и проницаемости, в то время как применение модифицирующих добавок позволяет получать бетонные смеси заданной пластичности с уменьшением количества используемой воды, что приводит к более плотной структуре бетонного камня. Что касается технологического аспекта, важную роль играют способы уплотнения бетонной смеси и условия твердения.

Для определения прочностных характеристик бетона был выбран метод неразрушающего контроля (метод пластических деформаций – с помощью молотка Кашкарова), так как при проведения предварительных испытаний данный метод показал наибольшую погрешность в сравнении с другими методами неразрушающего контроля (ультразвуковым, ударного импульса). Расположение и диаметр арматуры в железобетонных конструкциях определялись электромагнитным методом с помощью прибора ИЗС-10Н согласно ГОСТ 22904-93 [5].

Для определения влияния погрешностей приборов, используемых при испытаниях железобетонных конструкций методами неразрушающего контроля, при расчете изгибающего момента в расчет принимались наименьшее из полученных значений. Выполнялось сравнение полученных изгибающих моментов с теоретическим значением изгибающего момента, принимаемым для испытываемой серии плит.

Расчет изгибающих моментов выполнялся в программном комплексе Beta 4.2.

PolotskSU

Анализ полученных результатов показал, что значительное влияние на несущую способность конструкции оказывают прочностные параметры арматуры, в то время как параметры бетона не дают значительных изменений. Таким образом, при использовании методов неразрушающего контроля с учетом погрешностей приборов можно определить несущую способность конструкции. Однако отклонения значений от серийного составляют от 4.1% до 27.7%, в зависимости от используемых приборов. Стоит учесть, что в расчете принимались максимальное и минимальное значения, полученные на приборах неразрушающего контроля, на практике же при проведении испытаний методами неразрушающего контроля следует проводить серию испытаний с последующим осреднением результатов, что позволяет минимизировать влияние выпадающих значений и более точно определить исследуемый параметр.

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. Выведена зависимость «прочность-твердость» на образцах класса S800, которая при проверке на образцах классов S540 и S600 показала достаточную сходимость. Результат измерения с учетом расширенной неопределенности можно представить в виде:

$$\sigma_B = (15HR + 570) \pm 5 \text{ при } p = 0{,}7973.$$

2. Оптимальной глубиной среза для определения временного сопротивления для диаметров 10, 12, 14 мм является шлиф 2 мм. Однако, необходимо дополнительное исследование для арматурных стержней больших диаметров.

3. При обследовании изгибаемых элементов особое внимание необходимо уделить прочностным характеристикам арматуры, так как они оказывают наиболее существенное влияние на несущую способность. Допустимая нагрузка на конструкцию, полученная с использованием приборов неразрушающего контроля дают сопоставимые результаты при сравнении с рекомендуемыми в сериях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улыбин, А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций / А.В. Улыбин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 1 (27).

2. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М.: АО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ", 1997. – 179 с.

3. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности : ГОСТ 17624-2012.

4. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля : ГОСТ 22690-88.

5. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры : ГОСТ 22904-93.

6. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия : ГОСТ 22761-77.