

А.В. УЛЫБИН, к.т.н.

С.В. ЗУБКОВ, С.Д. ФЕДОТОВ

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра великого)

## **Ошибка определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием**

Контроль прочности бетона является одним из наиболее распространенных и востребованных видов инструментального контроля в строительстве. Из всего многообразия применяемых методов можно отдельно выделить метод отрыва со скалыванием. По указаниям ГОСТ 18105-2010 метод относится к «прямым», что означает возможность его применения без построения частной градуировочной зависимости, а также ее корректировки.

Таким образом, являясь прямым, обладая существенно меньшей трудоемкостью, более высокой производительностью, меньше разрушая бетон исследуемой конструкции по сравнению с методом испытания образцов, отобранных из конструкций (ГОСТ 28570-90), метод отрыва со скалыванием не только нашел широкое применение в рядах строительных лабораторий и экспертных организаций, но и с каждым годом набирает свою популярность. Авторами статьи данный метод применялся на сотнях различных объектов за последние 10 лет работ по обследованию. Имеются публикации различных ученых [1,2], а также авторов данной статьи, характеризующие метод отрыва со скалыванием как оптимальный для обследования и экспертизы, и, что немало важно, обладающий достаточно высокой точностью.

Имеется много работ, например [1,3,4], в которых проводится сравнение различных неразрушающих методов между собой. При этом за эталонный результат принимаются либо испытания на прессе, либо методом отрыва со скалыванием (скалыванием ребра). В то же время редки случаи, когда при обследовании работа выполняется параллельно двумя «прямыми» методами (отрывом со скалыванием и испытанием

отобранных образцов), что позволило бы сравнить их результаты между собой. ГОСТ допускает использование любого из этих методов как базового, а заказчик не готов «платить дважды» и разрушать конструкцию двукратно. Поэтому редкие случаи сравнения, при которых выявляется отличие прочности, определяемой методом отрыва со скалыванием от прочности, определенной при сжатии образцов, воспринимаются как некое исключение из правил или случайный результат. Такое отношение к данной проблеме было до определённого момента времени и у авторов данной статьи. Однако анализ данных, полученных на ряде объектов, заставил задуматься над вопросом: «**Такой ли уж «прямой» метод отрыва со скалыванием?**».

В зарубежных странах в последние десятилетия метод отрыва со скалыванием для определения прочности применяется реже, чем в России. Одной из причин этого, вероятно, является то, что по требованиям стандартов (EN 12504-3, ASTM C 900-01) метод не приравнивается по достоверности и точности к методу испытания образцов, отобранных из конструкций. Для определения (а не оценки) прочности бетона методом отрыва со скалыванием зарубежные стандарты требуют построение частной градуировочной зависимости. Данное требование, проводя аналогию с российскими стандартами, приравнивает метод к косвенному.

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №1378-ст от 25.09.2015 ГОСТ 22690-88 заменен на ГОСТ 22690-2015. Новый стандарт имеет статус добровольного и вводится в действие с 01.04.2016.

Доступность метода отрыва со скалыванием для применения в полевых и лабораторных условиях обеспечивается, в частности, простой градуировочной зависимостью, закреплённой в Приложении 5 ГОСТ 22690:

$$R = m_1 m_2 P, \quad (1)$$

где  $R$  – кубиковая прочность бетона на сжатие, МПа;

$m_1$  – коэффициент, учитывающий крупность заполнителя;

$m_2$  – коэффициент, пропорциональности между прочностью в

МПа и усилием вырыва в кН;

$P$  – усилие, необходимое для вырыва анкера, кН.

Однако, при этом, в различных исследованиях и рекомендациях, опубликованных в развитие стандартов, приводятся более сложные зависимости.

В статье [5] по результатам многофакторных исследований для использования предлагается линейная зависимость:

$$R = \alpha m_1 m_2 \dots m_7 P, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, пропорциональности между прочностью  $R$  в кгс/см<sup>2</sup> и усилием вырыва ( $P$ ) в кгс;

$m_1$  – коэффициент, учитывающий фактическую глубину заложения анкера;

$m_2$  – коэффициент, учитывающий усилия обжатия, создаваемое разжимным анкерным устройством в соотношении к прочности испытываемого бетона;

$m_3$  – коэффициент, учитывающий обработку бетона пропариванием;

$m_4$  – коэффициент, учитывающий сжимающие напряжения в исследуемой конструкции;

$m_5$  – коэффициент, учитывающий влажность бетона;

$m_6$  – коэффициент, учитывающий возраст бетона

$m_7$  – коэффициент, учитывающий наличие арматурного стержня, расположенного на границе вырываемого фрагмента;

В Руководстве по определению прочности бетона к ГОСТ 21243-75 соотношение прочность – усилие вырыва имеет вид:

$$R = \alpha m_1 m_2 m_3 P, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – то же, что в формуле (2);

$m_1, m_2, m_3$  – коэффициенты, учитывающие крупность заполнителя, усилия в исследуемом элементе и фактическую глубину заложения анкера.

В рекомендациях МИ 2016-03 данное соотношение имеет гораздо более сложный и нелинейный вид:

$$R = \left( \frac{5P}{\gamma S_p} \right)^{3/2} + \frac{10 P \sin \beta \cos(60 - \beta)}{S_c}, \quad (4)$$

где  $\chi$  - показатель хрупкости бетона;  
 $S_p$  и  $S_c$  - площади поверхностей, по которым действуют  
максимальные напряжения растяжения и сжатия,  
соответственно;  
 $\beta$  - угол расклинивания бетона, зависящий от типоразмера  
анкера.

Таким образом, в различных источниках имеются существенно отличающиеся зависимости пересчета, учитывающие разное количество факторов, влияющих на результат измерений. При этом в основном руководящем документе (ГОСТ 22690) приводится самая простая из рассмотренных зависимостей.

Рассмотрим результаты параллельных испытаний методом отрыва со скалыванием и образцов, отобранных из конструкций, выполненных авторами на различных объектах. Обработка результатов измерения выполнена по нормированной зависимости (1) ГОСТ 22690. В таблице приведена информация о ряде факторов, которые согласно зависимости (2) могут влиять на результат измерений. Количество измерений методом отрыва со скалыванием на разных объектах составляло от 3 до 150, для испытанных кернов от 3 до 60.

В работе [6] приводится информация о необходимости корректировки калибровочных коэффициентов при применении метода отрыва со скалыванием для высокопрочных бетонов с прочностью 60 МПа и выше. Однако из таблицы видно, что и для бетонов обычной прочности нормируемые коэффициенты и зависимости неприемлемы.

№	Наименование объекта	Условия твердения*	Возраст бетона	Прочность, МПа		Отношение результатов испытаний, Ros/Rпр
				Испытание на сжатие в прессе, Rпр	Отрыв со скалыванием, Ros	
1	Перекрытие производственного здания	Монолит	более 50 лет	22,2	29,5	<b>1,33</b>
2	Пилон здания Главного Штаба в Санкт-Петербурге	Монолит	60 суток	16,5	21,9	<b>1,33</b>
3	Складки покрытия здания Курского вокзала в Москве	ТВО	45 лет	39,6	58,3	<b>1,47</b>
4	Конструкции аэропорта Пулково (колонны, балки)	Монолит	~1 год	47,2	48,4	<b>1,03</b>
5	Перекрытие жилого индивидуального здания	Монолит	40 суток	24,6	37,6	<b>1,53</b>
6	Колонны жилого многоэтажного здания в СПб	Монолит	30-60 суток	17,5	26,4	<b>1,51</b>
7	Перекрытия жилого многоэтажного здания в СПб	Монолит, эл. прогрев	30 суток	20,3	28,4	<b>1,40</b>
8	Стена в лаборатории СПбПУ	Монолит	более 40 лет	48,8	50,1	<b>1,04</b>
9	Колонна в лаборатории СПбПУ	ТВО	более 40 лет	48,7	53,2	<b>1,09</b>
10	Перекрытие гостиницы в СПб	Монолит	около 6 мес.	35,5	49,2	<b>1,38</b>

\*ТВО – тепло-влажностная обработка

## Выводы

1. По результатам измерений, представленных в таблице, видно, что в подавляющем большинстве случаев прочность, полученная методом отрыва со скалыванием, имеет

- завышенное значение. При этом ошибка в определении прочности на ряде объектов достигает 50%.
2. Современный, актуализированный ГОСТ 22690 не отражает весь спектр факторов, которые необходимо учитывать при обработке измерений методом отрыва со скалыванием. Использование упрощенной зависимости пересчета неизбежно приведет к недопустимой погрешности измерения прочности.
  3. Необходимо выполнить дополнительные исследования, подтверждающие или уточняющие известные зависимости между прочностью бетона и усилием вырыва анкера, справедливые, в том числе, для современных бетонов. Данным вопросам будут посвящены дальнейшие работы авторов.
  4. По результатам исследований нужно принять решение о возможности применения метода отрыва со скалыванием с использованием универсальной градуировочной зависимости или причислении метода к группе «косвенных», что по сути установлено в зарубежных нормативах.
  5. Результаты исследований необходимо отразить в действующем ГОСТ 22690. В противном случае, на большинстве контролируемых объектов прочность бетона может быть существенно завышена, что чревато негативными последствиями для несущих конструкций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Патраков А.Н., Букин А.В. Определение прочности бетона методами разрушающего и неразрушающего контроля // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, 2010.- №1.- С.89-94.

2. Штенгель В.Г. Мифы и реалии применения методов неразрушающего контроля бетона при обследовании эксплуатирующихся конструкций и сооружений // Обследование зданий и сооружений. Проблемы и пути решения: Материалы VI международной научно-практической конференции, 2015.- С.189-195.
3. Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал, 2012.- №4.-С. 10-15.
4. Леонович С.Н., Снежков Д.Ю. Исследование неравнопрочности бетона на объекте монолитного строительства комплексным неразрушающим методом контроля // Известия ВУЗов Строительство, 2009.- №8 (608).- С.108-115.
5. Вольф И.В. и др. Определение прочности бетона в конструкциях методом вырывания стержней // Бетон и железобетон, № 10, 1973, с. 20-22.
6. Коревицкая М.Г., Тухтаев Б.Х., Иванов С.И. Применение неразрушающих методов при контроле прочности высокопрочного бетона // Промышленное и гражданское строительство, 2013.- №1.- С. 53-54.