

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Строительный факультет

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Материалы 74– й студенческой
научно-технической конференции

21 мая 2018 г.

Минск
БНТУ
2018

УДК 69.05
ББК 38.6
С56

Редакционная коллегия:

С. Н. Леонович – декан строительного факультета, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительного производства»;

А. И. Сидорова – старший преподаватель кафедры «Технология строительного производства».

Рецензент:

Г.Т. Широкий - кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология бетона и строительные материалы».

Сборник содержит материалы 74-й студенческой научно-технической конференции «Современные вопросы технологии строительного производства». В издании освещены материалы пленарного заседания, исследующего проблемы технологии строительного производства и особенности строительства, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений.

Издание предназначено для научно-педагогических работников, студентов, магистрантов и аспирантов.

ISBN

© БНТУ 2018

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Халево И. А.</i> Градуировочные зависимости многопараметрового нразрушающего метода контроля прочности бетона	4
<i>Гречица О. Д., Новик Д. В., Покровский А. Ю.</i> Срубка оголовков буронабивных свай	9
<i>Верлов В.В., Голоенко И.Д., Дрозд М.В.</i> Гидроизоляционные шпонки	16
<i>Денисенко И.В.</i> Преимущества и особенности применения технологии пост-напряжения железобетонных конструкций	25

Градуировочные зависимости многопараметрового неразрушающего метода контроля прочности бетона

Халево И. А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Снежков Д.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Практика использования неразрушающего контроля прочности бетона в натуральных условиях показывает, что результат таких испытаний далеко не всегда соответствует данным экспертных методов, в частности, - метода упругого отскока и метода испытаний отобранных образцов-кернов. Ошибка может достигать 25%..40%. Основная причина этого заключается не в отсутствии у пользователя так называемых «надежных» градуировочных зависимостей, связывающих косвенный параметр метода испытаний с прочностью бетона, а в принципиальной невозможности получить такие зависимости, не учитывая множество влияющих факторов: вариации состава бетона, условий транспортирования бетонной смеси и её укладки, температурных и влажностных условий твердения бетона, степени карбонизации и др.. Зачастую, даже строгое выполнение требований стандартов, регламентирующих процедуру построение градуировочной зависимости не позволяет выполнить требования этих же нормативов по критерию статистической надежности. При этом закономерным является следующее обстоятельство: чем стабильнее качество бетонной смеси и, соответственно, повторяемость показателя прочности бетона образцов, тем труднее удовлетворить требования статистической устойчивости построенной градуировочной зависимости того или иного косвенного метода испытаний.

В таблице 1 приведены основные параметры градуировочных зависимостей методов упругого отскока и ударного импульса, построенных по данным испытаний 15 образцов из бетона проектного класса С35/45 в возрасте 46 суток

Таблица 1 Параметры градуировочных зависимостей

Метод, прибор	a_1	s_{a1}	a_0	s_{a0}	S_t	r^2	r	F
Упр.отск., ОМШ-1	1,52	0,84	-4,42	35	3,4	0,23	0,48	3,22
Ударн. импульса, Оникс-2.5	-0,80	0,53	99,3	26,8	3,5	0,17	- 0,41	2,26

a_1 , a_0 – коэффициенты градуировочной зависимости вида $f_{c,H} = a_1 \cdot H + a_0$;
 $f_{c,H}$ – прочность бетона по результатам косвенного метода испытаний;
 H – косвенный параметр;

s_{a1} , s_{a0} – среднее квадратическое отклонение коэффициентов;
 r – коэффициент корреляции оценок прочности прессовыми испытаниями и косвенным методом по данной градуировочной зависимости.

Остаточное среднее квадратическое отклонение S_t рассчитывается по формуле

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i} - f_{c,i,H})^2}{n-2}}, \quad (1)$$

где $f_{c,i}$ – прочность бетона по данным прессовых испытаний;
 $f_{c,i,H}$ – прочность бетона по данным косвенного метода испытаний;

На рис. 1 приведены градуировочные зависимости.

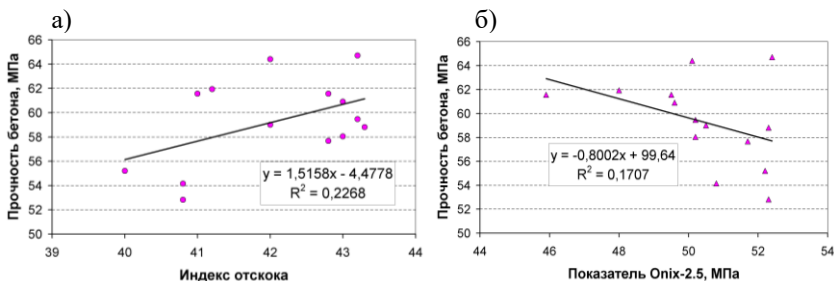


Рис. 1 Градуировочные зависимости: а - метода упругого отскока; б - метода ударного импульса

По данным таблицы 1 видно, что по показателю коэффициента остаточного среднего квадратического отклонения S_t зависимости удовлетворяют требованиям СТБ 2264 и ГОСТ 22690, но по коэффициенту корреляции r ни одна из зависимостей не удовлетворяет требованиям ГОСТ 22690. При этом данные прессовых испытаний подтвердили проектный класс бетона по прочности, коэффициент вариации прочности составил 6,2% при среднем значении прочности – 59,3 МПа. Кроме того, указанные зависимости не являются значимыми по критерию Фишера.

Одним из путей повышения точности оценки прочности бетона неразрушающими методами является введение в градуировочные зависимости дополнительных параметров, характеризующие указанные выше факторы погрешности, например, влажность бетона. Но ввести количественную оценку качества уплотнения бетона или вариации его

состава в условиях строительной площадки затруднительно. Поскольку вариация качества уплотнения бетона и его состава проявит себя в изменении соотношения между параметрами упругости и прочности, то можно предположить, что методы, имеющие разную чувствительность к параметрам упругости и прочности бетона, дадут разные оценки прочности. Рассматривая косвенный параметр H_i каждого из объединяемых неразрушающих методов, как функцию F_i двух параметров бетона – прочности f_c^* и модуля упругости E_c^* , можем записать систему двух уравнений с двумя неизвестными f_c и E_c

$$\begin{aligned} H_1 &= F_1(f_c^*, E_c^*) \\ H_2 &= F_2(f_c^*, E_c^*) \end{aligned} \quad (2)$$

Для проверки данной гипотезы была выполнена серия испытаний 20 образцов-кубов бетона проектного класса по прочности С30/37. В таблице 2 приведены данные испытаний

Таблица 2 Данные испытаний образцов

№ обр.	Срок тверд.	Масса	Показатель прочности «ONIX»	Индекс отскока «Shmidt»	Влажн. бетона	Прочн бетона
	<i>T</i> <i>сут.</i>	<i>M</i> <i>г</i>	$f_{c,onix}$ <i>МПа</i>	<i>I</i>	<i>W</i> %	f_c <i>МПа</i>
1	44	2388	32,2	36,8	4,6	45,0
2	44	2412	33,5	35,2	4,2	44,4
3	41	2318	40,7	39,5	5	45,7
4	41	2332	46,4	37,5	4,9	49,6
5	40	2436	33,9	35,2	4	47,9
6	40	2360	33,1	36,2	3,9	36,7
7	39	2354	36,2	34,2	3,8	39,8
8	39	2400	32,5	35,8	4,2	44,4
9	38	2320	31,2	32,8	2,9	36,7
10	38	2406	33,3	32,7	3	39,4
11	37	2282	28,5	31,3	3,6	36,3
12	37	2390	27,7	34,7	3,6	35,3
13	35	2404	31,3	29,7	3,6	32,9
14	35	2456	30,7	31,3	4	42,2
15	34	2422	32,6	34,2	3,9	37,0
16	34	2462	30,3	31,5	4,4	41,9
17	32	2426	32,3	37	3,9	40,5
18	32	2428	37,6	36,7	4,1	51,7
19	31	2428	35,6	36	3,8	39,4
20	31	2462	32,6	38,7	3,9	42,2

Использовались два косвенных неразрушающих метода – метод упругого отскока, метод ударного импульса, и метод испытания образцов по ГОСТ 10180. Дополнительно измерялись масса образцов и их влажность W .

Систему уравнений (2) для двух методов испытаний можно преобразовать в следующую форму

$$\begin{aligned} f_c^* &= \Psi(H_1, H_2) \\ E_c^* &= \Omega(H_1, H_2) \end{aligned} \quad (3)$$

Каждое уравнение полученной системы представляет собой двух-параметровую градуировочную зависимость для расчета прочности f_c^* и модуля упругости E_c^* бетона. Таким образом, объединение двух физически разных методов испытаний теоретически позволит не только повысить точность оценки прочности бетона, но и улучшить информативность – дополнительно получить оценку его упругости.

По приведенным в таблице 2 данным выполнено построение стандартных – по СТБ 2264 – линейных градуировочных зависимостей, и экспериментальных 2-3-х параметровых градуировочных зависимостей. В таблице 3 приведены основные параметры зависимостей.

Таблица 3 Параметры градуировочных зависимостей

№	Градуировочная зависимость	S_t	r^2	r	F
1	$f_c^* = 1,08 \cdot I + 3,8$	4,24	0,32	0,57	8,55
2	$f_c^* = 0,76 \cdot f_{c,onix} + 15,8$	3,95	0,41	0,62	12,6
3	$f_c^* = 0,55 \cdot I + 4,81 \cdot W + 3,1$	3,76	0,49	0,71	8,4
4	$f_c^* = 0,46 \cdot f_{c,onix} + 4,18 \cdot W + 9,3$	3,60	0,54	0,73	9,96
5	$f_c^* = 0,561 \cdot f_{c,onix} + 0,560 \cdot I + 3,06$	3,86	0,47	0,69	6,7
6	$f_c^* = 0,384 \cdot f_{c,onix} + 0,324 \cdot I + 3,64 \cdot W + 2,77$	3,63	0,55	0,74	7,5

где r^2 – коэффициент детерминации; r – коэффициент корреляции;

I – индекс отскока; W – влажность бетона в %;

f_c^* – расчетная прочность бетона, по данным косвенного метода, МПа;

$f_{c,onix}$ – косвенный показатель прочности прибора «Оникс-2.5»;

S_t – остаточное среднее квадратическое отклонение градуировочной зависимости, МПа.

Все полученные зависимости являются значимыми по критерию Фишера. Введение в зависимости параметра влажности (зависимости №3 и №4) подтвердило справедливость сформулированной выше гипотезы. Остаточное среднее квадратическое отклонение S_t уменьши-

лось на 10%..16%. Коэффициент корреляции для обеих зависимостей превысил минимальное пороговое значение 0,7 (по ГОСТ 22690-2015). Объединение данных молотка Шмидта и прибора метода ударного импульса «Оникс» несколько улучшило показатели градуировки – (см. зависимость №5), но уступило по этим же показателям зависимостям №3 и №4. В то же время, объединение данных этих двух методов с показателем влажности позволило получить максимальное значение коэффициента корреляции – 0,74 (см. зависимость №6). Характерным явилось то, что стандартные зависимости (№1 и №2) не удовлетворяют требованиям ГОСТ 22690-2015 по показателю коэффициента корреляции r и не могут быть использованы для контроля бетона.

Заключение

Для исследованных бетонов классов по прочности С30/37, С35/45 стандартные градуировочные зависимости методов упругого отскока и ударного импульса не смогли удовлетворить требования действующих нормативов по показателю коэффициента корреляции.

Двухпараметровые градуировочные зависимости, включающие влажность бетона в качестве дополнительного параметра, позволили снизить среднее квадратическое отклонение градуировочной зависимости методов упругого отскока и ударного импульса на 10%..16%, и устойчиво обеспечить минимально допустимое значение коэффициента корреляции $r = 0,7$ для исследованных составов бетона.

Разработанная методика построения двухпараметровых градуировочных зависимостей может быть рекомендована для включения в действующие нормативы, регламентирующие определение прочности бетона конструкций в построчных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-2015. – М.: 2014. – 23 с.
2. Испытания бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264-2012 – Введ. 01.01.2013. – Минск: Госстандарт, 2013. - 20 с.
3. Снежков, Д.Ю. Основы мониторинга возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций неразрушающими методами / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович - Минск: БНТУ, 2016. - 330 с.
4. Pucinotti, R. The use of multiple combined non destructive testing in the concrete strenght assessent: applications on laboratory specimens / R. Pucinotti // [Electronic resource], 2003. - Mode of access: http://www.ndt.net/article/hsndtct2007/files/Pucinitti_Crisci_etat.pdf. - Date of access: 02.02.2016

Срубка оголовков буронабивных свай

Гречиха О. Д.

Новик Д. В.

Покровский А. Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шевко В. В.
Белорусский национальный технический университет

Слабые и водонасыщенные грунты являются основной проблемой при строительстве любого объекта. Наиболее эффективным выходом из положения является применение фундамента свайной технологии. В соответствие с технологией сваи следует забивать на конкретную глубину, при этом над поверхностью остается запас в виде оголовка. По окончании устройства и документальной приемки свайного основания выполняется срубка бетонных голов свай по проектной высоте, чтобы создать основание для формирования крепежной площадки. Срубка выполняется либо для оголения рабочей продольной арматуры сваи для жесткого соединения с ростверком, либо при недопущении забивных свай до проектных отметок.

В строительстве применяется три способа срубка оголовков свай:

- ручной способ (механическая обработка отбойным молотом);
- с использованием гидравлической навесной техники;
- с применением оборудования с режущими фрезами.

Выбор определенного способа зависит от запланированной сметы и целесообразности.

Ручной способ срубки оголовков. Оборудование для ручной срубки оголовков свай:



Сруб свайных оголовков молотом. Особенность: принято считать наиболее сложным и трудоемким, поэтому редко используют.

Область применения: при необходимости срубить небольшое количество оголовков и в случаях, если заказ и использование техники будет дорогим и не выгодным.

Этапы срубка свайных оголовков молотом: Срубка голов забитых свай разрешается после приемки свайного поля представителем авторского надзора, оформляемой соответствующим актом.

Верх железобетонных свай срубают отбойным молотком. По окончании разрушения "голов" свай осуществляют кислородно-ацетиленовую срезку арматурных стержней, оставляя длину выпусков, соответствующих проекту. Затем лопатой очищают оголовок сваи от осыпавшегося бетона. Обнажившуюся арматуру затем сваривают с арматурой ростверка.

На сваях обозначают линии среза.

Молотом делаются борозды, которые опоясывают сваю по линии для обреза.

Арматурный срез соединяется с армирующим каркасом ростверка.

Кусочки бетона откалываются за счет движений вверх и вниз, не повреждая армирующий каркас.



ручной способ с подрезкой способ с подрезкой арматуры

Погрешность: Инструмент не достаточно точный, поэтому можно легко повредить часть основания ниже линии среза.

Достоинства: низкая стоимость.

Недостатки:

- возможность повреждения арматуры;
- риск повреждения тела сваи (образования трещин);
- большие затраты труда;
- ударная вибрация, высокий уровень шума.

Для механической срезки свай применяются различные сваерезы:

- ударного воздействия с использование заряда пороха,
- резаки с открытым высокотемпературным пламенем,
- фрезы пильного способа действия,
- гидравлические приводы различного способа воздействия на конструкцию.

Срез свай за счёт ударного воздействия с использованием заряда пороха. Для работы в специальные полости корпуса сваеруба закладываются пороховые заряды в гильзах. При воздействии на них под действием образующихся газов создается необходимое давление, воздействующее на стальные клинья. Они в свою очередь оказывают воздействие на материал железобетонной сваи, при этом бетонная конструкция переламывается пополам в нужном месте.

Срез свай за счёт резаков с открытым высокотемпературным пламенем. Воздействие на бетонную опору открытого огня, образующегося при сжигании воздушной смеси различных горючих жидкостей. Для ее приготовления к приспособлению подсоединяется специальная станция. По трубопроводам готовая горючая смесь подается к горелкам. Высокотемпературные горелки могут использоваться не только для укорачивания стальных или чугунных свай, но и для резки бетонных опор.

Срез свай за счёт режущих фрез. В основе – принцип использования пильных дисков с высокопрочными зубьями. В качестве насадок на них в основном используют искусственные алмазные наконечники, которым под силу резание стальной арматуры и щебня, входящего в состав бетона. Резка свай фрезами и дисковыми пилами большого диаметра позволяют получить ровную кромку оголовка, не требующую последующей реконструкции или доводки до рабочих параметров. Оборудование требует очень точного расчета и подбора фрез.

Срез свай за счёт гидравлической аппаратуры. Гидравлическое оборудование простое и универсальное, благодаря чему очень популярно. Гидравлический привод предусматривает передачу давления жидкости от цилиндра к режущей или рубящей кромке через систему бронированных шлангов и поршней. После подключения поршни начинают одновременно давить по всему периметру сваи, разрушая только требуемый отрезок. Усилия не затрагивают основную часть железобетонной опоры, оставляя ее цельной.

Рубка гидравлическими ножницами: согласно намеченному уровню среза, надевается специальная насадка в виде кольца. Затем с помощью режущей части инструмента аккуратно откусываются куски бетона таким образом, что арматурный каркас остается неповрежденным. Производится срез арматурного стержня, его крепеж к ростверку.

Плюсы: качественный срез, большая скорость – 5-10 минут на одну сваю. Минусы: высокая стоимость инструмента.

Область применения: при больших объемах работ.

Обзор оборудования для срубки свай

Сделаем сравнительный анализ моделей оборудования от различных производителей: Pilemaster, Delta, Kinhan, Taets.

Доля распространения сваерезательного оборудования:

Pilemaster -60%




Taets – 20%

Delta -3%

Другие -17%

Таблица 1

Характеристика сваерезательного оборудования

Фирма	Pilemaster	Taets	Delta
Фото			
Скорость среза	1 м.п./мин	1 м.п./мин	
Потенциал	4-5тыс	4-5 тыс	3-4 тыс
Замена зубьев	на площадке 15-20 мин	в заводских условиях	в заводских условиях
Синхронность зубьев	активная система синхронизации выдвигения или кольцевая схема подключения силовых цилиндров.	активная система синхронизации выдвигения	не обеспечена ничем
Производительность	200 свай	200 свай	160 свай
Гарантия	1год	1 год	1 год
Примечание	увеличенная скорость выполнения работ за счет срезки свай равномерно и без перекоса срубленного оголовка свай.	высокая стоимость установок	меньший Ø в силовых цилиндрах, по сравнению с другими моделями.

Организация работ

В соответствии с ТКП 45-1.03-161-2009 "Организация строительного производства" до начала выполнения СМР на объекте необходимо

выполнить следующие работы: закончить забивку свай; оформить актом в установленном порядке сдачу и приемку участка свайного поля; нанести проектные отметки среза на сваях; подготовить к работе и проверить работоспособность машин и механизмов; определить места складирования срезанных "голов" свай и места погрузки; произвести инструктаж рабочих по технике безопасности.

Требования к качеству и приемке работ

1). Контроль и оценку качества работ при производстве работ по срезке голов свай свайного поля следует выполнять в соответствии с:

- ТКП 45-1.03-161-2009 « Организация строительного производства»;

- П13-01 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство буронабивных свай;

- ТКП 45-5.01-254-2012 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования».

2) Согласно данным нормативным документам:

–Торцы срезанных свай должны быть горизонтальными с отклонениями не более 5°, ширина сколов бетона по периметру сваи не должна превышать 50 мм, клиновидные сколы по углам должны быть не глубже 35 мм и длиной не менее чем на 30 мм короче глубины заделки.

–Торцы свай для платформенного стыка должны быть горизонтальными с отклонениями не более 0,02, не должны иметь сколов бетона по периметру шириной более 25 мм, клиновидных сколов углов на глубину более 15 мм.

3). Контроль осуществляют техническим осмотром обработанной сваи. Результаты операционного контроля фиксируются также в Общем журнале работ (рекомендуемая форма приведена в ТКП 45-5.01-256-2012 и СТБ 1164.0-2012).

4). Качество производства работ обеспечивается выполнением требований к соблюдению необходимой технологической последовательности при выполнении взаимосвязанных работ и техническим контролем за ходом работ, изложенным в Проекте организации строительства и Проекте производства работ, а также в Схеме операционного контроля качества работ.

5). По окончании выполнения работ производится их освидетельствование Заказчиком и документальное оформление с составлением Акта освидетельствования скрытых работ по срубке голов свай на проектной отметке. К данному акту прилагается исполнительная схема свайного поля с указанием отклонений по высоте голов срубленных

свай. Исполнительная схема составляется в одном экземпляре, в виде отдельного чертежа, за подписью главного инженера Подрядчика.

б). На объекте строительства должен вестись Общий журнал работ, Журнал авторского надзора проектной организации, Оперативный журнал геодезического контроля.

Норма времени, расценки (ручной, механизированный).

Сравнив расценки на механизированный и ручной способ срубки оголовков свай, видим, что трудозатраты машинистов в ручном способе выше более чем в 50 раз, чем в механизированном способе.

Таким образом, несмотря на то что оборудование для срубки оголовков стоит недешево, механизированный метод оказывается выгоднее ручного при больших объемах работ.

Выводы

На основании рассмотренного материала можно отметить следующее: ручной метод целесообразно применять только при небольших объемах работ, в связи с низкой ценой, маленькой скоростью выполнения работ и низким качеством.

Рекомендация: для исключения подрезки рабочая глубина резки круга отрезной машины должна быть меньше защитного слоя бетона свай.

Механизированный способ применяется в основном в промышленном строительстве и главным его достоинством является качество и скорость выполняемых работ.

Весь процесс выравнивания голов свай регламентируется ТКП 45-5.01-254-2012 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования».

Список используемой литературы

1. СТБ 1648-2006 Строительство. Основания и фундаменты. Термины и определения.
2. СТБ 1075-97 Сваи железобетонные. Общие технические условия.
3. СТБ 1164.0-2012 Основания и фундаменты зданий и сооружений. Номенклатура контролируемых показателей качества.
4. ТКП 45-5.01-254-2012 Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования.
5. ТКП 45-5.01-256-2012 Сваи забивные. Правила проектирования и устройства.
6. П13-01 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство буронабивных свай.

- 7.П19-04 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство фундамен-
тов из свай набивных с уплотненным основанием.
- 8.П14-01 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство свайных и
траншейных стен.
- 9.П16-03 к СНБ 5.01.01-99 Земляные сооружения. Основания фунда-
ментов. Производство работ.
- 10.ТКП 45-1.03-161-2009* Организация строительного производства.
- 11.ТКП 45-1.03-40-2006 Безопасность труда в строительстве. Общие
требования.
- 12.ТКП 45-1.03-44-2006 Безопасность труда в строительстве. Строи-
тельное производство.
- 13.Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении (НРР
8.01.104-2012)
- 14.<http://kakfundament.ru/svai/srubka-ogolovkov-svaj#i>
- 15.svaisnab.ru
- 16.semidelov.ru;
- 17.zaosi.com;

Гидроизоляционные шпонки

Верлов В.В.

Голоенко И.Д.

Дрозд М.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шевко В. В.
Белорусский национальный технический университет

Гидроизоляционные шпонки – это ленты для гидроизоляции рабочих и деформационных швов литых бетонных конструкций.

Деформационный шов - температурный, осадочный, антисейсмический и другие швы, а также их сочетания. Используются для снижения давления на части конструкций, в том месте, где они наиболее подвержены деформациям.

Рабочий шов (технологический) - шов в месте контакта бетона раннего возраста, обусловленный технологией производства бетонных работ. Представляет собой плоскость стыка между уже затвердевшим и свежесуложенным бетоном. Рабочий шов, как правило, образуется при возникновении перерыва в бетонировании продолжительностью от 7 часов, что подразумевает укладку бетона на уже затвердевший слой.

Раньше в большинстве случаев для изготовления подобных элементов применяли различные металлы: медь и олово, цинк, сталь и другие. Но они имели ряд недостатков:

- уплотнительные элементы из меди могут быть причиной электролитических процессов в местах контакта со стальной арматурой;
- стальные элементы должны быть защищены от коррозии, т.к. требуют дополнительных мер защиты;
- применение цветных металлов, некорродирующих в условиях эксплуатации, также ограничено;
- деформируемость уплотнительных элементов из металлов ограничена их жесткостью.

Для устранения этих недостатков были найдены альтернативные варианты материалов, наибольшее распространение из которых получили шпонки из полимерных материалов или резины.

Преимущества использования гидрошпонок:

- наличие деформируемого участка позволяет воспринимать деформации железобетонных конструкций, не нарушая герметичности;

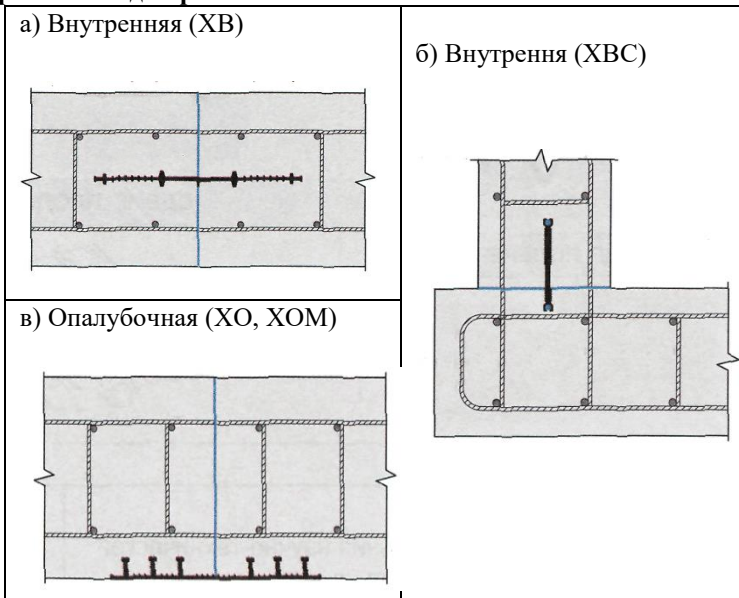
- применяется при уплотнении между двумя бетонными конструкциями, подвергающихся деформационным воздействиям, в особо важных конструкциях дополняется внешней или внутренней гидрошпонкой;
- может использоваться в конструкциях с особыми требованиями для обеспечения герметичности;
- выдерживает большое давление воды внутри и снаружи;
- простота установки;
- подходит для всех видов конструкций.

Выбор типа и размера гидрошпонки

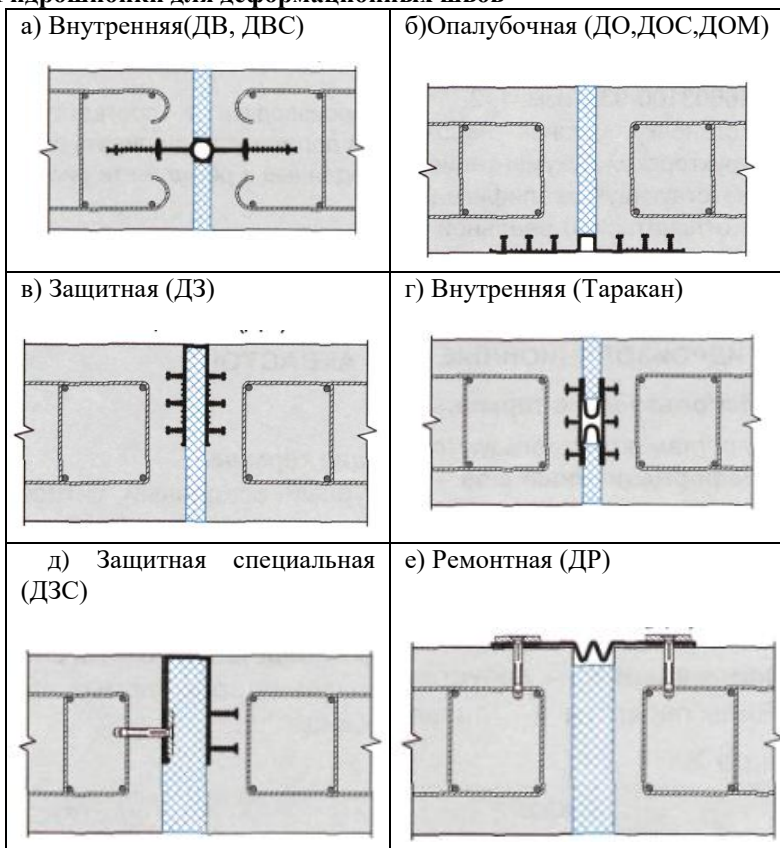
Выбор типа и размера гидрошпонки осуществляется на основе эксплуатационных требований, которые установил проектировщик для окружающей среды возведения конструкции.

Типы гидроизоляционных шпонок

Гидрошпонки для рабочих швов



Гидрошпонки для деформационных швов



Первоначально широкое применение нашли резиновые шпонки в виде «гантели» (см. рис. 1 г), однако они плохо воспринимали деформации сдвига. Затем были разработаны и стали использоваться так называемые «трехкулачковые» шпонки, имеющие полую центральную часть в виде цилиндра. Такие типы шпонок выпускаются у нас в стране и в настоящее время (рис. 1 д).

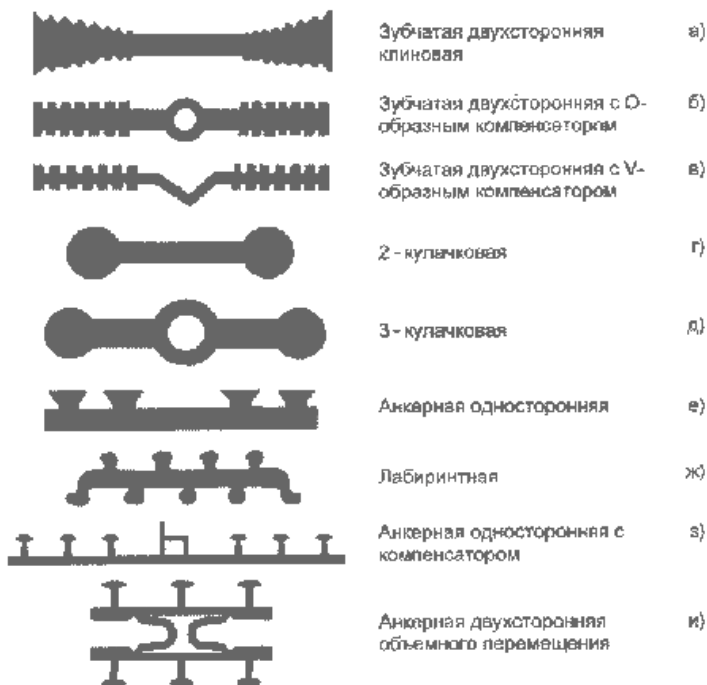


Рис. 1. Типоразмеры профилей и шпонок, устанавливаемых во время бетонирования

В этой конструкции центральная часть может воспринимать как деформации сжатия и растяжения, так и деформации сдвига.

Использование для изготовления шпонок современных резин на основе ЭПДМ позволило существенно сократить их габаритные размеры при сохранении характеристик по деформативности. В этом плане интерес представляет гидротехническая шпонка ТХЗ-1, представленная на рис. 2.

В отличие от гидроизоляционных шпонок из резины шпонки из ПВХ имеют более развитый, более сложный профиль на краях шпонки, имеющий большую площадь контакта и сцепления с бетоном. Это связано с тем, что чем больше площадь контакта шпонки с бетоном, тем выше герметизирующая способность. Для шпонок из ПВХ такое условие весьма желательно, т.к. они более пластичны, чем резиновые, и обладают меньшей упругостью (рис. 1 а, б, в), особенно при снижении температуры.

Еще одной модификацией гидроизоляционных шпонок являются шпонки так называемого "лабиринтного" типа (рис. 1 ж), которые могут иметь внутреннюю полость. Достоинством этого типа шпонок является простота монтажа. Если при установке плоских ленточных шпонок требуется использование разрезной торцевой опалубки, в которую при бетонировании закрепляется шпонка, то при монтаже "лабиринтных" шпонок их крепят к опалубке. После снятия опалубки и бетонировании сопрягаемой секции не требуется никаких дополнительных мероприятий, надежность соединения обеспечивается только тщательной укладкой бетонной смеси.

Широкое применение получили односторонние плоские гидротехнические шпонки с полый П-образной центральной частью, предназначенной для восприятия деформаций сжатия/растяжения (рис. 1 з).

Такие шпонки в качестве контурного уплотнения могут устанавливаться как с наружной стороны, так и с внутренней стороны деформационного шва при бетонировании сопрягаемых элементов конструкций. Достоинством такого типа шпонок является то, что при их установке с наружной стороны конструкции они могут стыковаться с оклеенной гидроизоляцией, образуя замкнутый контур. К недостаткам следует отнести то, что, во-первых, эти шпонки устанавливаются в определенный зазор шва, во-вторых, при изменении плоскости расположения шпонки необходимо очень точное, вплоть до нескольких миллиметров, расположение фасонного элемента, что не всегда можно реализовать в построечных условиях. Кроме того, при расположении шпонки на внешней, плоской горизонтальной стороне шва возникают трудности с омоноличиванием анкерных элементов. С помощью этих шпонок сложно получить высокое качество работ при бетонировании перекрытий, поэтому в основном их следует использовать для уплотнения швов в лотках, днище и стенах.

Особый интерес в номенклатуре гидротехнических шпонок представляет уплотнительный профиль объемных перемещений (рис. 1и). В конструкции этого профиля, используемого в качестве мидельного уплотнения, совмещены достоинства варианта уплотнения швов с помощью двух гидроизоляционных лент и возможность омоноличивания при бетонировании элементов конструкций, а также независимость от величины установочного зазора деформационного шва. Материал профиля – пластифицированный ПВХ, который может надежно свариваться даже в построечных условиях. Он обладает относительным удлинением на разрыв 350% и высокой морозостойкостью.

Конструктивно профиль выполнен в виде двух полос переменной толщины, соединенных двумя U-образными петлями-компенсаторами

длиной ~ 60 мм каждая. С наружной стороны вдоль полос профиля имеются по три Т-образных анкерных элемента, обеспечивающих крепление профиля в бетоне боковых поверхностей зазора деформационного шва. Зазор деформационного шва формируется независимо от монтажа арматурного каркаса. Величина зазора деформационного шва задается при установке рабочих закладных элементов (заполнитель шва) и может составлять от 10 до 30 мм. В качестве закладных элементов обычно используются листы пенополистирола.

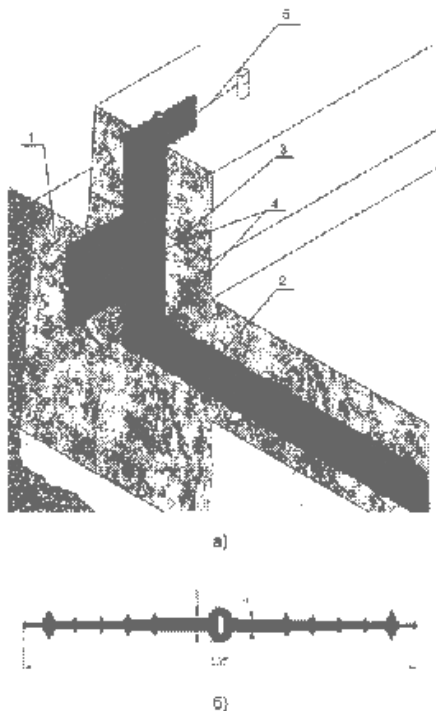


Рис. 2. Универсальная гидротехническая шпонка ТХЗ-1. а – схема расположения шпонки «в теле» бетона; б – сечение шпонки, основные размеры. 1 – бетонная конструкция; 2 – гидротехническая шпонка ТХЗ-1; 3 – водонабухающая уплотнительная прокладка; 4 – фасонные элементы шпонок; 5 – крепление шпонки к арматуре.

Монтажные работы

Перед монтажом гидрошпонки следует удостовериться в отсутствии дефектов шпонки и соответствии размеров шпонки чертежам и

месту применения. При монтаже гидрошпонку крепят к железной арматуре, протягивая железный прут в отверстие гидрошпонки или привязывая гидрошпонку вязальной проволокой к арматуре. Работы по установке и сварке гидрошпонок должны быть организованы одновременно с работами по армированию и бетонированию так, чтобы работы велись плавно и без перерывов.

Гидрошпонку перед бетонированием следует хорошо очистить, если на ней имеются загрязнения от брызг бетона и иной грязи. Перед бетонированием гидрошпонку следует закрепить и защитить от попадания брызг бетона на не рабочую поверхность шпонки. При бетонировании первой части гидрошпонки вторую часть следует закрыть, с помощью гнутой, из листа металла, заслонки или досок, установленных с двух сторон от шпонки.

Шпонки устанавливают и закрепляют в проектное положение, симметрично относительно осей шва. Зазор между шпонкой любого типа и ближайшим арматурным стержнем должен быть не менее 20 мм. В горизонтальных конструкциях для получения плотного контакта бетона с телом шпонок при бетонировании внутренние шпонки типа ДВ, ДВС и ХВ следует устанавливать с прогибом под углом около 10°. При установке шпонок необходимо обеспечить герметичность в местах примыкания их к опалубке для исключения протекания цементного раствора при проведении бетонных работ.

Не рекомендуется установка опалубочных шпонок типов ДО, ДОС и ХО в верхнюю часть горизонтальных конструкций.

Бетонирование гидрошпонок в горизонтальных швах требует особого внимания. При бетонировании под гидрошпонками, установленными горизонтально, могут образоваться воздушные и водные пузыри. Для предотвращения образования пустот перед бетонированием следует заполнить и утрамбовать пространство под гидрошпонкой. При горизонтальном расположении гидрошпонки - бетон подают сбоку гидрошпонки виброукладкой на нижнюю ее часть.

Когда речь идет о вертикальной установке гидрошпонки, бетон следует заполнять по ее обеим сторонам, не допуская перегибов. Бетонирование нужно выполнять так, чтобы избежать одностороннего давления на гидрошпонку. При установке шпонок вертикально, бетонирование должно вестись под небольшим углом к гидрошпонке, чтобы отделившаяся вода могла свободно стекать.

Контроль качества строительства

Конструкция опалубки должна обеспечивать установку шпонки в проектное положение в зазор между опалубочными щитами по всей длине бетонлируемого участка. Конструкция стыкового участка смеж-

ных опалубочных щитов и шпонки должна гарантировать их геометрическую неизменяемость при укладке бетона в опалубку.

Условия хранения, транспортировки и установки шпонки в опалубку должны обеспечить чистоту её поверхности. После установки шпонки в опалубку должно быть проведено освидетельствование поверхности шпонки и её проектного положения. При обнаружении загрязнения шпонки или отклонений от проекта необходимо устранить отмеченные недостатки. По результатам освидетельствования составляется соответствующий акт либо делается запись в журнале ведения опалубочных и бетонных работ.

Формообразующие поверхности опалубочных щитов, сопрягаемые со шпонкой, перед их монтажом должны быть смазаны. Смазку можно производить протиркой мешковиной, пропитанной солидолом или другой аналогичной консистентной смазкой. Перед установкой щитов следует удалить все потёки смазки и предотвратить попадание её на поверхность шпонки.

После монтажа опалубочных щитов и шпонки с помощью ламп переносок проверяют на просвет герметичность стыков сопряжения по всей длине. При обнаружении неплотностей, которые могут привести к вытеканию цементного раствора при бетонировании, все обнаруженные места надёжно герметизируют с помощью клейкой ленты, которая удаляется перед снятием опалубки.

При подаче бетонной смеси в опалубку следует предотвращать возможность динамического воздействия и прямого попадания бетонной смеси непосредственно на поверхность шпонки, для чего рекомендуется предусмотреть защитные козырьки.

Укладку бетонной смеси в опалубку следует производить горизонтальными слоями, толщиной, установленной в технологическом регламенте на бетонирование конструкции, при этом не допускается превышение толщины слоя бетонной смеси над горизонтально расположенной шпонкой более толщины, установленной в упомянутом регламенте.

Вибрирование бетонной смеси в слое и на каждой позиции следует производить путём перестановки наконечника вибратора и медленным его извлечением из бетонной смеси до прекращения оседания, а в бетоне не должно оставаться углублений от наконечника вибратора, при этом не допускается касания вибронаконечником шпонок и элементов их крепления. Целесообразно в зоне размещения шпонок через 20 - 30 мин производить повторную вибрацию бетонной смеси тем же вибрационным инструментом.

Уход за бетоном, режимы выдерживания в опалубке и момент снятия опалубки следует назначать в соответствии с требованиями, установленными в технологических регламентах на бетонирование.

При снятии опалубочных щитов следует избегать механических повреждений шпонок монтажным инструментом. После снятия опалубки следует провести повторное освидетельствование состояния заделки шпонки в тело бетона, а также состояние открытой части шпонки. При загрязнении открытой части произвести её очистку.

При бетонировании части конструкции со второй половиной шпонки следует руководствоваться положениями п.п. 5 - 8 настоящего раздела, а при устройстве деформационного шва - положениями регламента на установку заполнителя шва.

При ведении работ необетонированные части гидроизоляционных шпонок следует защищать от загрязнения и повреждений. Полости деформационных узлов на торцах шпонок следует защищать от попадания в них посторонних предметов посредством их временной герметизации.

Список литературы

1. Технологический регламент ТР 186-07 «на установку гидроизоляционных шпонок АКВАСТОП при устройстве и восстановлении гидроизоляции деформационных и технологических швов бетонирования в железобетонных конструкциях подземных и заглубленных сооружений». Москва, 2008

2. <https://tstn.by/produktsiya/gidroizolyatsiya/izolyatsiya-mezhpanelnykh-shvov/gidroshponki/>

3. https://www.primoplast.ru/cntnt/profil_pvh/produkcija/gidroshpon1/gidroshpon.html

4. <https://gidroshponka.by/gidroshponi/>

Преимущества и особенности применения технологии пост-напряжения железобетонных конструкций

Денисенко И.В.

Научный руководитель – м.т.н., ст.преп. Сидорова А. И.
Белорусский национальный технический университет

Пост-напряжение становится все более популярным в мире за последние 30 лет из-за совершенствования технологии. В свое время возникали проблемы с коррозией канатов, особенно при строительстве паркингов, где использовалась защита от обледенения соледержащими добавками. Но улучшение материалов и методов строительства устранили большинство проблем. Пост-напряжение – это способ предварительного напряжения с натяжением на бетон в построечных условиях, который заключается в том, что напрягаемая арматура натягивается механическим способом после бетонирования и набора бетоном достаточной прочности. Преднапряженные стальные канаты внутри пластиковых труб размещаются в опалубке до укладки бетона. После этого, как только бетон наберет прочность, но до приложения постоянных нагрузок, стальные канаты натягиваются и закрепляются на внешних краях бетона (рисунок 1).



Рисунок 1. Применение технологии пост-напряжения [3]

Предварительное напряжение означает, что сталь находится под напряжением до того, как бетон будет испытывать постоянные нагрузки. Пост-напряженный железобетон, который является формой предварительно напряженного, имеет ряд преимуществ:

- уменьшается или устраняется появление трещин при усадке, поэтому требуется устраивать меньше рабочих швов;
- трещины, которые возникают, не увеличиваются;
- позволяет уменьшить толщину плит и других конструктивных элементов, а, следовательно, сокращается расход бетона и стали;
- позволяет делать более широкие пролёты, что обеспечивает более свободную планировку здания;
- позволяет увеличить высотность здания;
- позволяет устраивать плиты на лёссовидных (глинистых) грунтах;
- позволяет снизить суммарные затраты труда на строительство.

В результате напрягаемые канаты лучше воспринимают нагрузки, которые оказывают на нее внешние силы в течение всего срока службы здания. А надежность и долговечность здания с применением технологии пост-напряжения повышается по сравнению с применением традиционных решений.

Область применения технологии пост-натяжения обширна, но в нашей стране ее применение сдерживает отсутствие опыта у проектировщиков и строителей. В статье в журнале «Structure magazine» Джерард Фельдман отметил, что «Большинство инженеров получили только беглый обзор технологии пост-напряжения во время учебы... Это незнание ведет к использованию стандартных решений при проектировании железобетонных конструкций» [4]. Эти слова можно отнести и к ситуации в нашей стране.

Некоторые из наиболее распространенных возможностей применения пост-напряжения:

- Плитные фундаменты: сегодня технология пост-напряжения широко используется для плит на грунте, где грунт может дать значительную усадку [3].
- Теннисные корты и другие спортивные сооружения (рисунок 2).
- Внешнее пост-натяжение для усиления существующих конструкций, особенно в зонах с сейсмическими воздействиями (рисунок 3).
- При проектировании мостов используется технология пост-напряжения как в скользящей опалубке, так и в сборной опалубке. Пост-напряжение позволяет увеличить пролеты и повышает трещиностойкость.
- Бетонные резервуары для воды часто выполняются с применением пост-напряжения, чтобы повысить трещиностойкость и предотвра-

тить протечку. Компании Crom, DYK, Natgun и Preload (США) делают предварительно напряженные бетонные резервуары.

- Кирпичные стены могут быть подвергнуты пост-напряжению – это обычно делается с помощью сплошного стального стержня, закрепленного в фундаменте, и подвергнутого растяжению с помощью затяжки-гайки на стене.



Рисунок 2. Поле для гольфа зеленого цвета – фактически пост-напряженная железобетонная консольная плита производства фирмы Suncoast Post-Tension, США



Рисунок 3. Применение технологии внешнего пост-напряжения для усиления железобетонного элемента [3]

Отметим, что наиболее совершенной является система пост-напряжения без сцепления арматуры с бетоном, использующая пряди в оболочке из ПЭВП со смазкой [1]. Устройство пост-напряженных плит на строительной площадке схожа с технологией устройства монолитных плит, за исключением натяжения арматуры с определенным шагом. Кабели располагаются, как указано в проекте, и проходят через центр плиты. К примеру, для жилого строительства распространены канаты на расстоянии 120см от центра. Для промышленных зданий расположение канатов будет более частое, что определяется расчетом. Канаты могут быть легко проложены вокруг отверстий, как показано на рисунке 4.



Рисунок 4. Расположение пост-напряженных канатов при устройстве отверстий [3]

Рассмотрим обычную пост-напряженную железобетонную плиту перекрытия толщиной 200мм и использует бетон класса С12/15. Как только бетон набрал прочность до 14Н/мм^2 , обычно в течение 3-10 дней, рекомендованных РТИ, канаты подвергаются растяжению.



Рисунок 5. Домкрат для натяжения каната

Канаты состоят из семи высокопрочных стальных проволок, обмотанных вместе и расположенных внутри пластикового каналообразователя (рисунок 6).



Рисунок 6. Гофрированный пластиковый каналообразователь

На каждом конце размещен анкер, который расположен в отверстиях на краю плиты. Когда канаты напряжены, проволоки будут растяги-

ваться – около 10см для 15-метровой проволоки – при приложении растягивающих усилий в 230кН. Натяжение могут делать только квалифицированные специалисты. После напряжения лишние части канатов отрезаются, и отверстие, в котором расположены анкеры заполняются раствором, чтобы защитить их от коррозии.



Рисунок 7. Выпуски арматурных канатов после натяжения. Канаты натягивают с усилием 230кН, что приводит к удлинению 20см в кабеле длиной 30,5м [6]

Более крупные конструкционные железобетонные элементы также могут быть подвергнуты пост-напряжению, например, мосты, плитные фундаменты, большепролетные ригели в паркингах и промышленных помещениях. Этот процесс очень похож на тот, который используется для плит, за исключением большего масштаба. Одно интересное отличие состоит в том, что канаты часто располагаются снизу в середине балки и высоко на опорах – это соответствует эпохе напряжений.

Следует помнить, что пост-напряженные конструкции нельзя резать или сверлить, так как напряженные канаты очень сложно восстановить.

Экономический эффект применения технологии пост-напряжения наглядно показан на диаграмме по данным ООО «Следящие Тест-Системы», РФ.



Рисунок 8. Эффект от применения технологии пост-напряжения арматуры по данным ООО «Следящие Тест-Системы» [7]

Исследуя зарубежный опыт строительства зданий по технологии пост-напряжения, можно сделать выводы, что эта технология имеет много преимуществ по сравнению с технологией возведения железобетонного каркаса без предварительного напряжения, а именно можно значительно сократить объем бетонной смеси и армирующей стали, что приведет к снижению общей высоты здания и уменьшению нагрузки на фундамент. Использование пост-напряжения позволяет увеличить пролеты и эффективно использовать внутренний объем помещения, а также позволяет делать консоли с большим вылетом. Превосходная структурная целостность конструкций приводит к отсутствию трещин или их пониженному образованию, что повышает стойкость пост-напряженных конструкций к воздействию агрессивных сред.

По сравнению со строительством зданий из металлоконструкций, монолитных железобетонных конструкций без преднапряжения и сборных конструкций, использование пост-напряжения позволяет сократить сроки устройства фундаментов, из-за уменьшения их разме-

ров, а также сократить сроки возведения всего здания, из-за уменьшения сроков распалубливания пост-напряженных перекрытий.

Что касается технического контроля при эксплуатации здания, то технология пост-напряжения позволяет проверять и корректировать усилия в арматурных канатах при необходимости.

Литература

1. Технология предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций в построечных условиях: учебное пособие для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / В.В. Латыш, С.Н. Леонович. – Минск : БНТУ, 2006 – 56 с.
2. Дрозд, Я.И. Предварительно напряженные железобетонные конструкции / Я.И. Дрозд, Г.П. Пастушков. – Минск : Выш. шк., 1984. – 208 с.
3. ConcreteNetwork.com [Электронный Ресурс] / ConcreteNetwork.com, США, 1999-2017 – Режим доступа: <https://www.concretenetwork.com/post-tension/advantages.html>, свободный (дата обращения: 12.09.2017)
4. STRUCTURE® magazine [Электронный Ресурс] / STRUCTURE magazine, США, 2017 – Режим доступа: http://www.structuremag.org/?author_name=gerardfeldmann, свободный (дата обращения: 12.09.2017)
5. Suncoast Post-Tension [Электронный Ресурс] / Suncoast Post-Tension, Хьюстон, Техас, США, 2017 – Режим доступа: <https://suncoast-pt.com>, свободный (дата обращения: 15.09.2017)
6. Avalon Structural [Электронный Ресурс] / Avalon Structural, Inc. Калифорния, США, 2015 – Режим доступа: www.avalonstructural.com, свободный (дата обращения: 18.09.2017)
7. Следящие Тест-Системы [Электронный Ресурс] / ООО «Следящие Тест-Системы» - Москва, 2008 – Режим доступа: <http://www.sts-hydro.ru/technologies/posttensioning>, свободный (дата обращения: 15.09.2017).