

Несмотря на сложную историю, полную войн и разрушений, многие архитектурные ценности Беларуси сохранились. Однако предстоит огромная работа по сохранению и восстановлению исторических дворцово-парковых, усадебно-парковых, садово-парковых и культурных архитектурных объектов. В этом нуждается и усадьба Рудницких в Дедино.

При восстановлении усадебно-паркового комплекса в современных условиях важно следующее:

- максимально сохранить исторический облик усадьбы, здания и сооружения, парковые композиции, водные системы во взаимосвязи с природным окружением;
- предоставить возможность свободного доступа к историческому комплексу как памятнику истории и культуры, использовать его познавательную ценность;
- поддерживать усадьбу в хорошем техническом состоянии, проводить ремонтные работы, содержать обслуживающий персонал [5].

Этим критериям в наибольшей степени соответствует использование исторической усадьбы как культурно-туристического объекта. На его основе может быть создан музей, культурно-образовательный комплекс, туристическая гостиница. Первоочередной задачей является также сохранение старинного парка, ограничение хозяйственной деятельности и застройки. Представляется актуальной разработка программы реконструкции и реставрации.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаранович, И.М. Проблемы сохранения и перспективы использования старинных парков Беларуси. – Центральный ботанический сад НАН Беларуси / И.М. Гаранович, С.Е. Булыко, М.Н. Рудевич. – Минск.
2. Сычева, А.В. Ландшафтная архитектура. - Изд. М.: АСТ, 2007.
3. Дзяржаўнага спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь: зацверджан Пастановай Савета Міністраў Рэспублікі Беларусь 15.06.2006 № 762.
4. Деревня Дедино в Миорском районе. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://miory.by/news/otdih/2664-dedino.html>
5. Потаев, Г. Ревитализация исторических усадеб как культурно-туристических объектов / Г. Потаев, Н. Власюк. - Режим доступа: <http://ais.by/story>.
- Платонова Раиса Михайловна – канд. техн.наук, доцент кафедры «Архитектура» УО «Полоцкий государственный университет»
- Платонова Мария Александровна – ассистент кафедры «Архитектура» УО «Полоцкий государственный университет»

УДК 692.51:624.073.2:666.983

Рак Н.А.

СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ: ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Наиболее ответственным конструктивным элементом пола является жесткий подстилающий слой, который должен обеспечить распределение нагрузки на грунтовое основание. В связи с этим особое внимание следует уделять вопросу его надежного и в то же время рационального проектирования.

В последнее время начато применение сталефибробетона в качестве материала несущего подстилающего слоя. Известно, что дисперсное армирование бетона стальной фиброй может значительно увеличить прочность бетона на

растяжение. В связи с этим применение дисперсно-армированного бетона при устройстве промышленных полов является одним из важных направлений снижения их материалоемкости.

Однако при проектировании сталефибробетонных промышленных полов имеется ряд проблемных вопросов, которые требуют безотлагательного решения.

К числу таких проблемных вопросов можно отнести следующие:

1. Предоставление некорректных исходных данных о нагрузках на полы.
2. Неполнота сведений о прочностных и деформативных характеристиках основания.
3. Использование при статическом расчете полов методов, предназначенных для расчета плитных фундаментов, а также программ расчета, реализующих эти методы.
4. Отсутствие единого нормативного документа по расчету сталефибробетонных конструкций.
5. Нормативные документы по расчету полов не содержат указаний по расчету сталефибробетонных полов.

Причем первые три проблемы касаются не только сталефибробетонных полов, но и бетонных и железобетонных полов.

Решение первой из проблем заключается в указании в задании на проектирование реальных сведений о нагрузках на полы, включая зонирование нагрузок, схемы их приложения, нормативные значения нагрузок, вида шин колес погрузчиков, размеров опор стеллажей и т.п.

Вторая проблема может быть решена более тщательным проведением инженерно-геологических изысканий с получением с необходимой полнотой данных об основании, включая значения модулей деформаций и коэффициентов пористости слоев основания.

Третья проблема решается путем использования методов расчета, специально предназначенных для расчета полов.

Решение четвертой проблемы заключается в разработке ТКП по проектированию сталефибробетонных конструкций.

Пятая проблема может быть решена путем разработки специального нормативного документа по проектированию сталефибробетонных полов.

Если решения первых трех проблем можно достичь посредством более четкой организации собственно процесса проектирования, то решение двух последних из перечисленных проблем требует участия Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, отвечающего за нормативное обеспечение процесса проектирования.

Следует отметить, что применение сталефибробетонных конструкций в Республике Беларусь серьезно сдерживалось отсутствием нормативной расчетной и технологической базы по проектированию составов бетонов с применением дисперсного армирования стальными волокнами, отсутствием опыта проектирования сталефибробетонных конструкций с учетом их реальной работы, существенно отличающейся от работы традиционных железобетонных конструкций.

Имеющиеся технические данные по поведению сталефибробетонных конструкций существенно устарели, так как были рассчитаны применительно к бетонам и стальной фибре с другими более низкими физико-механическими и техническими параметрами.

Экономическая эффективность применения сталефибробетона в строительстве в значительной степени определяется стоимостью стальной фибры. В свя-

зи с этим для увеличения объемов производства сталефибробетона в Беларуси необходимо нарастить производственные мощности по выпуску отечественной белорусской фибры. В нашей стране существуют мощности по выпуску эффективной стальной фибры из отходов кордового производства Белорусского металлургического завода, конечная стоимость которой ниже по сравнению с импортными и российскими аналогами.

В связи с этим, начиная с 2005 года, по заданию Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь был выполнен комплекс исследований, направленных на решение вопросов применения стальной фибры отечественного производства при изготовлении сборных и монолитных сталефибробетонных конструкций. Полученные данные послужили основой для разработки нормативных документов по использованию данного вида бетона и проектирования конструкций с применением сталефибробетона.

При разработке этих документов были использованы следующие термины и определения:

Сталефибробетон – исходный бетон (бетон-матрица), армированный равномерно распределенными в его объеме стальными фибрами.

Исходный бетон (бетон-матрица) – конструкционный тяжелый бетон по СТБ 1544-05 на плотных заполнителях.

Фибра – стальные короткие волокна.

Процент фибрового армирования по объему – объем фибр в единице объема сталефибробетона в процентах.

Процент фибрового армирования по массе – отношение массы фибр, содержащихся в единице объема сталефибробетона, к массе этой единицы объема, в процентах.

Коэффициент фибрового армирования – относительное содержание объема фибр в единице объема сталефибробетона.

Сталефибробетонные конструкции – конструкции из сталефибробетона или конструкции, имеющие также ненапрягаемую стержневую и проволочную арматуру, площадь сечения которой менее значений приведенных в таблице 11.1 СНБ 5.03.01-02 [1].

Сталефибробетонные конструкции с комбинированным армированием – конструкции из сталефибробетона, имеющие также ненапрягаемую стержневую и проволочную арматуру.

К настоящему времени разработан ряд нормативных документов по проектированию сталефибробетонных конструкций [2-5], в качестве основы для которых были использованы «Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций» [6].

После накопления опыта применения перечисленных рекомендаций в практике проектирования и изготовления сталефибробетонных конструкций в 2013 году начата разработка нормативного документа более высокого уровня ТКП 45-5.03-XXX-201X «Изделия и конструкции из сталефибробетона. Правила проектирования» [7]. К настоящему времени разработана вторая редакция ТКП, и в ближайшее время документ будет передан на согласование и утверждение.

Этот технический кодекс содержит общие правила проектирования ненапряженных изделий и конструкций из сталефибробетона.

Он распространяется на проектирование изделий и конструкций, применяемых в промышленном и гражданском строительстве, изготавливаемых из бетона средней плотностью от 2000 до 2800 кг/м³ включительно, эксплуатирую-

щихся при воздействии температур от 50 до минус 40 °С включительно, и стальной фибры по ТУ ВУ 400074854.628-2011 или фибры с аналогичными характеристиками, и устанавливает порядок выполнения их расчета и конструирования.

Технический кодекс не распространяется на проектирование конструкций, изготавливаемых из легкого, ячеистого и поризованного бетонов, бетонополимеров и полимербетонов, бетонов на известковых, шлаковых и смешанных вяжущих, на гипсовом и специальных вяжущих, бетонов на специальных и органических заполнителях, бетонов крупнопористой структуры.

При проектировании конструкций, изготавливаемых из сталефибробетонов и предназначенных для эксплуатации в агрессивной среде, учитывают дополнительные требования по действующим ТНПА.

Указанный ТКП [7] содержит следующие разделы:

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Термины и определения
4. Обозначения и единицы измерения
5. Общие требования
6. Материалы для изделий и конструкций из сталефибробетона
7. Проверки предельных состояний несущей способности сталефибробетонных конструкций
8. Проверки предельных состояний эксплуатационной пригодности сталефибробетонных конструкций
9. Требования по конструированию

Таким образом, уже в ближайшее время одна из проблем проектирования сталефибробетонных полов будет решена.

Что касается решения последней из проблем, то здесь еще предстоит выполнить достаточно большой объем работы, связанный с тем, что существующие нормативные документы по проектированию полов фактически не учитывают особенности работы сталефибробетонных плит на упругом основании при сосредоточенных нагрузках.

Здесь следует отметить, что в бывшем СССР до 1988 года проектирование полов выполнялось по нормам [8], в которых в качестве приложения содержались «Рекомендации по расчету полов с подстилающим слоем и по конструкциям металлических плит для полов производственных помещений». Кроме того, в экспериментальном порядке допускалось использование рекомендаций [9].

В 1988 году были введены в действие СНиП 2.03.13-88 «Полы» [10], из которых были исключены «Рекомендации по расчету полов с подстилающим слоем и по конструкциям металлических плит для полов производственных помещений». Однако при выполнении расчетов проектировщики использовали эти рекомендации.

Следует отметить, что при введении в РФ в 2011 году СП 29.13330.2011 [11] эти рекомендации в обновленном виде были вновь включены в состав норм. Кроме того, в [11] даны рекомендации по расчету и сталефибробетонных полов, базирующиеся на положениях СП 52-104-2006 [12].

В Республике Беларусь в развитие норм [10] было разработано пособие [13], в которое были включены упомянутые рекомендации, дополненные примерами расчета.

Кроме того в Республике Беларусь введен ТКП 45-5.09-128-2009 [14], не касающийся по существу вопросов проектирования подстилающих слоев полов.

Следует отметить, что как нормы [10], так и пособие [13] содержат обозначения классов бетона по отмененным в Республике Беларусь нормативным документам, а такой вид полов, как сталефибробетонные, в них отсутствует.

В связи с этим, до настоящего времени проектирование жестких подстилающих слоев полов выполняется по [10, 13], согласно которым жесткий подстилающий слой должен выполняться из бетона класса не ниже В22,5. Если по расчёту напряжения растяжения в подстилающем слое из бетона класса В22,5 получается ниже расчётного, допускается применять бетон низких классов, но не ниже В7,5.

Толщина бетонного подстилающего слоя устанавливается расчётом на прочность от действующих нагрузок и должна быть не менее 80 мм для полов жилых и общественных зданий, не менее 100 мм для полов производственных помещений.

При использовании бетонного подстилающего слоя в качестве покрытия толщина слоя должна быть увеличена на 20-30 мм по сравнению с расчётной.

В бетонных подстилающих слоях должны быть предусмотрены деформационные швы, располагаемые во взаимно перпендикулярных направлениях с шагом 6-12 м. Глубина деформационного шва должна быть не менее 40 мм и не менее 1/3 толщины подстилающего слоя. После завершения процесса усадки деформационные швы должны быть заделаны цементно-песчаным раствором. Деформационные швы в полах, совпадающие с деформационными швами здания, должны выполняться на всю толщину бетонного подстилающего слоя.

Исходными данными для расчета подстилающего слоя являются:

1) схема нагрузок в плане, на которой должны быть указаны их наибольшая величина, размеры и форма следов опирания на пол и наименьшие расстояния между этими следами;

2) значения коэффициента постели грунта основания (в кгс/см³), характеризующего упругие свойства основания.

Собственный вес пола, а также нагрузки, равномерно распределённые по всей площади, при расчёте не учитываются.

В зависимости от расположения нагрузок на подстилающий слой различают нагрузку простого вида и нагрузку сложного вида.

Расчёт прочности пола с бетонным подстилающим слоем производят на изгиб. При нескольких нагрузках простого или сложного вида расчёт ведут на каждую из них в отдельности.

Расчет ведут методом последовательных приближений. На первом этапе принимают бетон класса В22,5 и толщину подстилающего слоя, равную 100 мм. Затем последовательно определяют значения характеристики гибкости плиты бетонного подстилающего слоя, погонного изгибающего момента, напряжений растяжения в бетоне подстилающего слоя. Если по расчёту значение напряжения растяжения в подстилающем слое из бетона класса В22,5 получается ниже расчётного, уменьшают класс бетона на одну ступень, но не ниже В7,5, и повторяют расчет, сохраняя толщину подстилающего слоя. Если же по расчёту значение напряжения растяжения в подстилающем слое из бетона класса В22,5 получается выше расчётного, повторяют расчет, увеличивая толщину подстилающего слоя на 20 мм.

Расчет выполняется до тех пор, пока не будет найдено такое значение толщины подстилающего слоя, при котором значения напряжений растяжения в бетоне подстилающего слоя станут ниже расчётного значения. Таким образом, при заданных нагрузках на пол и свойствах грунтового основания определяю-

щим для назначения толщины подстилающего слоя, а, следовательно, и расхода бетона на полы является прочность бетона на растяжение.

Для обеспечения возможности проектирования сталефибробетонных полов в Республике Беларусь в 2010 году были разработаны рекомендации [14]. В них были внесены новые обозначения классов бетона, соответствующие действующим нормативным документам, даны указания по определению несущей способности сечений сталефибробетонного подстилающего слоя пола, используемой затем для определения несущей способности полов при действии проектных нагрузок. Расчет на сосредоточенные нагрузки было рекомендовано выполнять согласно пособию [13], что обеспечивает определенный запас несущей способности, но следовательно, не позволяет получить рациональное проектное решение.

Следует отметить, что дисперсно-армированные бетоны известны достаточно давно. Конструктивная идея сталефибробетона состоит в том, что хаотически расположенные стальные волокна являются новым видом армирования для структуры бетона на этапах до образования трещин и работы материала с трещинами. В случае отсутствия стальной фибры микротрещины, по мере их накопления, превращаются в макротрещины и приводят к разрушению бетона или потере таких свойств, как водонепроницаемость, морозостойкость, стойкость к агрессивным воздействиям и т.д. Армирование стальными фибрами увеличивает жесткость растворной части бетонной матрицы, а также её прочность на растяжение до образования трещин в структуре бетона.

После образования трещин стальные фибры, рассредоточенные по высоте трещины, воспринимают растягивающие усилия между её краями, что замедляет развитие трещин. Особенно эффективно работают фибры, оказавшиеся в устье трещины. В результате трещины в сталефибробетоне появляются при больших нагрузках и имеют меньшую ширину раскрытия, чем в обычном железобетоне. Материал в стадии эксплуатации работает с ограниченным раскрытием трещин и при этом имеет достаточно высокую прочность на растяжение.

Этот эффект в наибольшей степени проявляется в статически неопределимых конструкциях, к которым относятся и плиты на упругом основании. Начиная с 1980-х годов, был проведен ряд экспериментальных исследований сталефибробетонных плит на упругом основании при сосредоточенной нагрузке, среди которых особую значимость имеют исследования [15-19]. При этом проводились сопоставительные испытания неармированных (бетонных) и сталефибробетонных плит в одинаковых условиях.

Испытания показали, что при нагружении неармированных плит в зоне максимального напряжения в нижней части плиты возникают трещины, распространяющиеся снизу вверх по толщине плиты и в радиальном направлении. Разрушение неармированной плиты сопровождалось пересечением радиальных трещинами всего ее поперечного сечения.

Испытания сталефибробетонных плит показали, что при нагрузке, являющейся предельной для неармированных плит, они сохраняли способность воспринимать дополнительную нагрузку, обусловленную работой фибр, пересекающих радиальные трещины. Эти фибры создают условия, обеспечивающие повышение воспринимаемых плитой тангенциальных усилий. При этом на верхней поверхности плиты появляется кольцевая трещина. В предельной стадии как радиальные, так и тангенциальные трещины становятся сквозными. Такой эффект наблюдается при расходе фибры не менее 15 кг/м^3 , а при меньшем расходе фибры плита работает как неармированная.

На основании этих исследований разработана теория линий разрушения сталефибробетонных плит на упругом основании. Она использована при разработке методов расчета сталефибробетонных плит в Руководстве по проектированию сталефибробетонных полов Великобритании [20].

Естественно, что эта методика при том же расходе фибры будет давать более высокие значения допустимых сосредоточенных нагрузок на плиту, а для обеспечения той же несущей способности плиты будет требоваться меньший расход фибры. Таким образом, конструкция становится более экономичной.

Для реализации существующих возможностей экономии были разработаны новые рекомендации [21].

При разработке этих рекомендаций с целью проверки достоверности принятой методики расчета были проведены специальные экспериментальные исследования плиты на упругом основании. Испытания проводились при двух схемах нагружения: двумя близко расположенными силами в центральной части плиты (случай расположения стоек двух смежных рядов стеллажей) и одной силой на углу плиты. При исследовании по обсем схемам нагружения были подтверждены предполагаемый характер образования и развития трещин, а также схемы разрушения плит. Экспериментальные значения разрушающих нагрузок удовлетворительно совпали с рассчитанными по используемой в рекомендациях методике.

С учетом полученных результатов считаем целесообразным поставить перед Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь вопрос о необходимости разработки специального нормативного документа по проектированию сталефибробетонных полов, учитывающего в полной мере специфику их работы при сосредоточенных нагрузках.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бетонные и железобетонные конструкции – Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-2003. – Введ. 20.06.2003. – Минск: РУП «Стройтехнорм»: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2003. – 140 с.
2. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций с применением стальной фибры ООО «Баумен»: Р5.06.021.06.. – РУП «Институт БелНИИС», 2006.
3. Рекомендации по проектированию сталефибробетонных конструкций и технологии изготовления сталефибробетона с применением фибры ЗАО «Танис»: Р5.06.022.06.. – РУП «Институт БелНИИС», 2006.
4. Рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона с применением фрезерованной фибры ЗАО «Кургансталь»: Р5.03.044.08. – РУП «Институт БелНИИС», 2008.
5. Рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона применением стальной фибры БМЗ: Р1.03.054-2009. – РУП «Институт БелНИИС», 2009.
6. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с.
7. Изделия и конструкции из сталефибробетона. Правила проектирования – Вырбы і канструкцыі з сталефібрабетону: ТКП 45-5.03-XXX-201X (проект). – РУП «Стройтехнорм», 2014.
8. Полы. Нормы проектирования: СНиП II-В.8-71 Госстроя СССР. – М. Стройиздат, 1972. – 80 с.
9. Рекомендации по расчету бетонных подстилающих слоев полов производственных зданий с учетом экономической ответственности. ДНИИПромзданий, 1987.
10. Полы: СНиП 2.03.13-88. Госстроя СССР. – М. ЦИТИ Госстроя СССР, 1988. – 19 с.
11. Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88: СП 29.13330.2011. /Минрегион РФ. – М., ОАО ЦПП, 2011. – 63 с.
12. Сталефибробетонные конструкции: СП 52-104-2006. – М., ФГУП ЦПП, 2007. – 56 с.

13. Проектирование полов: Пособие П11-03 к СНиП 2.03.13-88 Полы. – Введ. 01.01.2004. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2004. – 128 с.

14. Рекомендации по расчету и конструированию сталефибробетонных промышленных полов: P5.03.073.10. – РУП «Институт БелНИИС», 2010.

15. Beckett, D. Comparative Tests on Plain, Fabric Reinforced and Steel Fibre Concrete Reinforced Industrial Ground Slabs / D. Beckett – //Concrete. – 1990. – V.24, No.3. – P.43–45.

16. Falkner, H. Comparative Investigation of Plain and Steel Fibre Reinforced Industrial Ground Slabs / H. Falkner, M. Teutsch. – 1993. – IBMB Report. – No.102. – 80 p.

17. Beckett, D. Corner and Edge Loading on Concrete Reinforced Industrial Ground Floors Reinforced with Steel Fibres / D. Beckett – //Concrete. – 1999. – V.33, No.3. – P.22–24.

18. Chen, S. Strength of Steel Fibre Reinforced Concrete Ground Slabs. /S. Chen. //Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures&Buildings. – 2004. – V.157, SB2. – P.157–163.

19. Sorelli, L. Steel Fiber Slabs on Ground: A Structural Matter / L. Sorelli, A. Meda, G. Plizzari. //ACI Structural Journal. – 2006. – V.103, No.4. – P.551–558

20. British Concrete Society, Concrete Industrial Ground Floors: A Guide to Design and Construction. – British Concrete Society. – Technical Report No. 34. – 2003. – 140 pp.

21. Рекомендации по проектированию и технологии возведения бесшовных сталефибробетонных полов по системе «PRIMEKSS-СИББИОФАРМ-БЕЛ»: P5.03.127-2014. – РУП «Институт БелНИИС», 2014.

УДК 621.762; 691.002(032)

Рябчиков П.В., Якимович В.Д., Батяновский Э.И.

СОСТАВЫ И СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА, СОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью (опасной с позиций устойчивости несущих строительных конструкций при эксплуатации) высокопрочных бетонов (фактически при $f_c \geq 70$ МПа) является их возрастающая хрупкость. Она проявляется в снижении пластических деформаций в бетоне под нагрузкой. В результате высокопрочный бетон при предельных нагрузках разрушается практически мгновенно, что представляет серьезную угрозу безопасной эксплуатации зданий (сооружений) в чрезвычайных ситуациях (при превышении расчетных нагрузок; появлении непредусмотренного расчетом эксцентриситета в сжатых элементах (колонны, опоры и т.д.), пожарах и др.).

В этой связи одной из важнейших задач развития и совершенствования технологии высокопрочного бетона, наряду с обеспечением прочности на сжатие, является повышение его «деформативности» и прочности на растяжение. Введение в высокопрочный бетон (точнее, в цементный камень, как составляющей бетона) волокнообразных углеродных наноматериалов (УНМ) может способствовать росту его прочности на растяжение за счет эффекта «наноармирования» кристаллогидратной структуры и, тем самым, в какой-то мере позволит решить проблему повышения деформативности бетона.

АПРОБИРОВАННЫЕ СОСТАВЫ БЕТОНА

Разработанные с учетом зарубежного опыта и свойств (качества) отечественных материалов составы бетона и оцененные экспериментально (при прочности ≥ 100 МПа на образцах-кубах с ребром 70 мм) приведены в таблице 1. Вопрос соответствия испытаний высокопрочного бетона на образцах разных типоразмеров является одной из задач настоящих исследований. В данном конкретном