



Вопросы обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности полов производственных зданий



ТЕКСТ **А. Горб,**
директор ЗАО «СК Конкрит Инжиниринг»,
советник РАЕ, член международного союза
экспертов по строительным материалам, системам
и конструкциям RILEM, Американского института
бетона ACI и Британской ассоциации бетона CS



ТЕКСТ **И. Войлоков,**
доцент кафедры ТОЭС
Санкт-Петербургского государственного
политехнического университета

Долговечность промышленного пола – это его свойство сохранять эксплуатационную пригодность в течение определенного, обычно нормируемого периода, фактически до наступления предельного технического износа, при котором затрудняется или полностью исключается его проектная эксплуатация. Указанный нормируемый период предусматривает в том числе обязательное проведение мероприятий по поддержанию требуемых технических характеристик эксплуатируемых полов (плановые обследования состояния и систематический уход), а также выполнение необходимых плановых, непредвиденных и капитальных ремонтов. Другими словами, долговечность промышленного пола – это определенный различными нормативами и техническими условиями срок его службы, или время нормальной эксплуатации, в течение которого обеспечивается реализация запланированных технологических процессов конкретного строительного объекта.

Однако следует констатировать, что действующие в настоящее время нормативно-технические документы не содержат практических указаний и обоснованных методик оценки текущего технического состояния и прогнозируемой долговечности эксплуатируемых промышленных полов; также ими не предусмотрена классификация возможных причин и различных влияющих факторов, способствующих возникновению дефектов и повреждений, с количественной и качественной оценкой степени их значимости на существующие и прогнозируемые характеристики промышленных по-

лов. Существуют лишь отдельные отраслевые технические документы [1, 2], регламентирующие нормативные периоды эксплуатации различных типов промышленных полов до капитального ремонта в зависимости от их конструкции и фактической интенсивности эксплуатационных воздействий.

Действующие нормативы [3, 4, 5, 6] предусматривают вполне определенные требования к проектированию, устройству и приемке работ для различных типов промышленных полов. Вопросы текущего содержания, диагностики технического состояния, длительности межремонтных (непредвиденных и плановых) периодов и нормативные сроки службы полов до их капитального ремонта никак не нормированы. Это является причиной многочисленных споров и разногласий о распределении ответственности между проектировщиками, строителями и эксплуатационными службами при возникновении различных дефектов и повреждений полов после их сдачи в проектную эксплуатацию.

Заказчики, проектировщики и строители стали уделять пристальное внимание вопросам качества и долговечности промышленных полов сразу же после появления современных производственно-складских комплексов, при этом в число определяющих вошли в том числе и такие качественные характеристики промышленных полов, как их повышенная ровность, износостойкость, трещиностойкость и конструкционная прочность. Например, показатели ровности поверхности пола часто должны удовлетворять требованиям, предъявляемые поставщиками импортного подъемно-транспортного оборудования, обеспечивающего необходимые темпы проведения различных технологических операций. То есть фактически технические характеристики проектируемых и устраиваемых полов должны соответствовать определенным требованиям зарубежных нормативов и различным техническим условиям и ограничениям для данного вида технологического оборудования, используемого для нужд конкретного производства.

До недавнего времени вопросам исследования проблем долговечности и эксплуатационной пригодности промышленных полов уделялось мало внимания, несмотря на то, что заказчики строительства понимали всю их значимость для обеспечения надежности осуществления запланированных производственных процессов. В результате такого упущения приобрели массовый характер такие дефекты и повреждения полов, как недопустимое трещинообразование, нарушение ровности и плоскостности, разрушение швов и повышенный износ поверхности, что было выявлено проведенными обследованиями текущего технического состояния полов на многочисленных эксплуатируемых объектах.

Для выявления причин возникновения дефектов и снижения риска их возникновения в дальнейшем специалистами отдела инженерно-конструкторских исследований «Конкрит Инжиниринг» был организован постоянный мониторинг состояния полов на ряде промышленных объектов с привлечением специалистов отдела полов «ЦНИИ-промзданий» и научных сотрудников кафедры ТОЭС СПбГПУ. На некоторых обследуемых объектах полы эксплуатировались более 10 лет.

В результате проведенных обследований были выявлены основные причины и факторы, оказывающие влияние на долговечность промышленных полов, а также накоплен соответствующий опыт предупреждения появления дефектов и повреждений, возникающих на различных стадиях проектирования и строительства.

Стало очевидным, что долговечность промышленных полов зависит от трех взаимосвязанных составляющих:

- при проектировании — от правильности принятых проектных решений, выражающихся в обеспечении соответствия принятой конструкции полов тем нагрузкам и воздействиям, которым они могут подвергаться на протяжении всего запланированного и определенного проектом срока эксплуатации;
- при строительстве — от качества материалов, применяемых при

строительстве, и качества самого строительства, то есть соблюдения принятых проектных, технологических и технических решений, предусмотренных утвержденным техническим заданием и проектом;

- при эксплуатации — от соблюдения запланированных режимов и условий эксплуатации как самой плиты пола, так и грунтового основания под ней, а также выполнения необходимых регламентных мероприятий и операций по поддержанию технического состояния полов, в том числе соблюдения режимов и графиков планово-предупредительных и текущих ремонтов.

Было выявлено, что долговечность полов на одних объектах оказалась ниже, чем на других, и не достигала даже 5 лет из-за недопустимых разрушений. Причинами снижения долговечности и эксплуатационной пригодности промышленных полов явились, как показали исследования, нарушения определяющих принципов в одной или





Анализ проектных решений по устройству деформационных швов в бетонных полах и назначению конструктивных схем

Выполненные исследования показали, что применение деформационных швов, устроенных по типу «швов расширения» (рис.1), является ошибочным и необоснованным инженерным решением, которое должно быть исключено из проектной практики. Технической «задачей» данных швов является обеспечение возможности линейных деформаций плит пола (их расширение при нагреве) без возникновения чрезмерных сжимающих напряжений или потери продольной устойчивости плит. Так как данные швы являются температурными по

сразу во всех составляющих их качества, а именно:

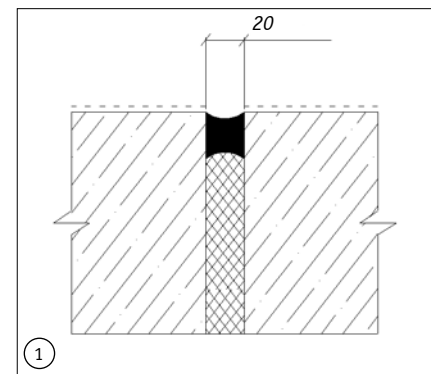
- в несовершенстве действующих нормативных документов, регулирующих в том числе вопросы проектирования, строительства, приемки и эксплуатации промышленных полов;
- в низкой квалификации проектировщиков и соответственно низком качестве выдаваемых проектных решений;
- в наличии недостатков строительного производства при устройстве оснований и полов;
- в нарушении условий запланированного режима эксплуатации, в том числе превышении нагрузок, предусмотренных техническим заданием на проектирование и самим проектом.

При выборе конструкции пола и выполнении расчетов проектировщик, как правило, не ориентирован на понятие «долговечность» как определяющий показатель. Наиболее рациональными, на его взгляд, могут оказаться решения, опирающиеся на устаревшие, но действующие нормативные документы, а нередко и на собственный опыт проектирования «подобных конструкций», часто не учитывающий необходимый в этом случае анализ и систематический мониторинг поведения запроектированной конструкции в относительно

длительный эксплуатационный период. Дополнительным источником ошибок на стадии проектирования служат в том числе недостоверные данные предварительных инженерных и инженерно-геологических изысканий. Кроме этого инженер-проектировщик зависим от уровня обоснованности расчетных методик, соответствующих принятым моделям совместной работы системы «грунтовое основание — плита пола», рекомендаций различных нормативно-технических документов и допущений, принятых в них. Однако, учитывая то, что знания в области проектирования полов постоянно совершенствуются (упрощенные подходы уступают место более точным), очевидными становятся недостатки и упущения в ранее принятых проектных решениях.

Примеров ошибочных проектных решений можно встретить достаточно. Некоторые из этих решений «вчерашнего дня» приводятся в настоящей статье, они являются типовыми и служат в том числе причиной преждевременного появления различных дефектов и повреждений промышленных полов. Следует отметить, что иногда данные факторы становятся определяющими и могут оказывать существенное влияние на долговечность эксплуатируемых промышленных полов.

Конструкция шва расширения



назначению (большинство современных зданий производственного складского назначения эксплуатируется при постоянных положительных температурах и является отапливаемыми или эксплуатируется при нормируемых температурных режимах), значит, и температурными воздействиями при выполнении инженерных расчетов можно пренебречь из-за их малого влияния на конструктивные характеристики пола.

Следует сказать, что ранее в практике проектирования монолитных бетонных полов производственных зданий часто предусматривалось устройство деформационных швов по аналогии со швами расширения в дорожных и аэродромных покрытиях, невзирая на то, что температурные напряжения и соответственно деформации в дорожных

и аэродромных покрытиях являются в большинстве случаев на порядок больше, чем в конструкциях бетонных или железобетонных полов, устраиваемых, как правило, внутри отапливаемых помещений. Такие решения по швам, как было отмечено выше, иногда бывают оправданными в конструкциях дорожных и аэродромных покрытий, но только при наличии значительных суточных и сезонных колебаний температур, что является характерным свойством резко континентального климата. Однако даже в этих случаях применение таких решений должно быть обосновано соответствующими температурными расчетами, в противном случае их использование исключается соответствующими требованиями действующих нормативно-технических документов [7]. Одной из причин ограниченного применения таких швов является низкая стойкость покрытий вблизи них. Швы расширения являются источником преждевременных разрушений, что подтверждено многочисленными исследованиями различных авторов, поэтому их количество должно быть минимизировано даже в случаях проектирования аэродромных и дорожных покрытий, эксплуатирующихся в условиях значительных температурных воздействий; в большинстве же случаев устройств таких швов вообще исключается действующими нормативами.

Надо также подчеркнуть, что точной обоснованной методики расчета расстояний между швами расширения, учитывающей неравномерные температурные и усадочные деформации бетонной плиты, физические свойства бетона, временной фактор и коэффициент трения, не существует и по сей день, есть лишь приближенные решения для характерных конструкций открытых контейнерных и разгрузочных площадок, покрытий аэродромов и автомобильных дорог, эксплуатирующихся в условиях знакопеременных температур.

До сих пор встречаются проекты, где в деформационных швах рекомендуется оставлять деревянные сосновые доски толщиной 20—



30 мм без учета их основного недостатка — малой деформируемости по сравнению с другими, более эластичными материалами, например полиуретанами. В результате, не умея точно рассчитать расстояние между такими швами, проектировщики полов необоснованно увеличивают их число (уменьшают расстояние между ними), что вызывает ускоренное разрушение кромок швов и повышенный износ колес подъемно-транспортного оборудования и в конечном счете приводит к дополнительным финансовым затратам заказчика. Применение в качестве заполнителя швов полиуретанов (пенопластов) еще более усугубляет ситуацию, особенно при их использовании в случаях наличия тяжелого напольного транспорта с колесами малого диаметра с жесткими ободьями.

Достаточно редко, но все же еще встречаются в проектной практике решения по совмещению деформационных швов полов, устраиваемых по грунту, с температурными и осадочными швами самого здания. Необходимо отметить, что такие решения являются частично обоснованными, но только при устройстве полов по монолитным или сборным междуэтажным железобетонным перекрытиям. Применение их для полов, устраиваемых по грунтовому основанию и, как прави-

ло, «отсеченных» от несущих конструкций здания различными изолирующими швами и никак с ним не связанных, является необоснованным и ошибочным конструктивным решением. Кроме этого в силу различных конструктивных особенностей направления температурных и усадочных деформаций различны для полов и каркаса здания, и попытки совмещения швов полов и швов здания указывают на техническую неграмотность проектировщиков. Плиты полов имеют свои швы (температурно-усадочные), а здание — свои (температурные и осадочные), которые вполне и независимо друг от друга справляются со своими функциями.

Нередко встречаются проектные решения, являющиеся свидетельством технической безграмотности проектировщиков и оказывающие отрицательное влияние на долговечность и эксплуатационную пригодность полов, а иногда и вообще исключают любую их эксплуатацию. Одним из примеров является применение тонких, как правило, неармированных бетонных стяжек (толщина менее 100 мм), устраиваемых поверх бетонного или железобетонного подстилающего слоя. Армирование таких стяжек нецелесообразно по конструктивным соображениям, а при их толщине менее 70 мм вообще исключено. При



использовании такого армирования стержневая арматура получается расположенной в средней зоне сечения плиты или немного ниже ее, что иногда может снизить трещинообразование, но не исключить его из-за недопустимого расстояния между такой стержневой арматурой и верхней гранью стяжки.

Внутренние процессы, протекающие в бетоне в процессе набора им прочности, приводят в том числе к явлениям коробления. Наиболее значительную роль в короблении карт пола (в виде подъема краев) и появлении соответствующих дефектов (отслоение от нижележащего бетонного основания, массовое трещинообразование) играют усадочные процессы в бетонной матрице в начальный период ее твердения. Использование при изготовлении бетона цементов высокой прочности в количествах, обеспечивающих класс прочности бетона В25 и выше, вызывают условия для значительного коробления такой стяжки, что проявляется в виде массовых отслоений от подстилающего основания и в конечном итоге способствует изменению расчетной схемы работы плиты пола — с равномерно опертой на характерный консольный вариант. Размеры полостей при отслоении могут значительно увеличиваться при наличии начальных неровностей бетонного основания.

Снизить трещинообразование от усадки помогает применение различных мембран, обеспечивающих «скольжение» усаживающейся стяжки (блокирующих сцепление с нижележащим бетонным основани-

ем) и нарезка бетонной стяжки на карты (от 3×3 м и менее). Следует отметить, что применение мембран при наличии отслоений в отдельных случаях может усилить трещинообразование при нагружении пола проектными нагрузками.

В силу очевидной непригодности применения тонких стяжек для полов промышленного назначения применение подобных решений давно приостановлено. *(Привести пусть даже один пример надежной эксплуатации подобного пола хотя бы на одном эксплуатируемом объекте не представляется возможным.)*

Похожими, по сути, являются мозаичные полы (30–40 мм), которые применяются только в случаях пешеходных нагрузок с нарезкой их на карты размерами 1×1 м.

Методики увеличения адгезии тонких стяжек со старым бетонным основанием хотя и могут при некоторых условиях ограничить коробление (отрыв от основания), в то же время резко увеличивают напряжения в такой стяжке, что приводит к повышенному трещинообразованию, так как процесс усадки неизбежен; неизбежны также и критические напряжения, возникающие в этих случаях.

Выполнение тонких стяжек иногда возможно, но не из стандартного и повсеместно применяемого товарного бетона, а из различных, в том числе полимербетонных композитов или материалов, разрабатываемых рядом производителей специально для этих целей и содержащих специально подобранные фракции наполнителя, специальные виды без-

усадочных цементов, микрокремнезем и различные полимерные добавки. Однако одним из обязательных условий в этом случае является проведение предварительной обработки бетонного основания праймерами и адгезивами при условии выполнения прочих предусмотренных нормативами и рекомендациями производителей данных материалов соответствующих условий.

Масштабы экономии, достигаемой от выполнения тонких бетонных стяжек по такой технологии, несравнимо ниже, чем степень возрастания риска получить при этом непригодный к эксплуатации пол.

Учитывая появление участков стяжки, работающих по незапланированным расчетным схемам (балка, консоль), а также всех возможных неблагоприятных эксплуатационных факторов, рационально, даже необходимо предусматривать проектирование конструкции стяжки, способной выдерживать заданные эксплуатационные воздействия и успешно работать как самостоятельный элемент, с учетом его консольной работы, при наличии в том числе возможных характерных отклонений.

Армирование стяжек толщиной менее 100 мм не влияет на уровень коробления их краев вблизи различных швов, которые в этом случае должны быть размещены достаточно часто (на расстоянии менее 3 м друг от друга). Для снижения эффекта коробления арматура должна располагаться на расстоянии не выше $\frac{1}{3}$ толщины плиты в нижней ее зоне. В этом случае необходимо, чтобы толщина плиты (стяжки) составляла не менее 135 мм (при диаметре арматуры 10 мм и защитном слое не более 25 мм). При назначении толщины стяжки также следует учитывать ее возможный отрыв от основания в результате усадочного и температурного коробления. При этом, принимая во внимание консольную работу стяжки, нужно выполнять соответствующий расчет плиты (стяжки) с учетом такой (консольной) расчетной схемы, которая имеет место при воздействии вертикальных статических и динамических нагрузок. Необходимо от-



метить, что однослойное армирование в нижней зоне практически не влияет на изгибную прочность плиты (стяжки) в случае ее консольной работы. В результате выполненных расчетов было установлено, что толщина стяжки при воздействиях стандартных погрузчиков полной массой до 5 т должна составлять не менее 140 мм (при принятом классе бетона В25).

Таким образом, устройство полов по двухстадийной схеме (подстилающий слой + тонкая стяжка) должно быть исключено из проектной практики по техническим, технологическим и экономическим причинам. Полы при отсутствии соответствующих обоснований необходимо проектировать однослойными; применение дополнительных слоев из армированного бетона обосновано только в случае реконструкции (усиления) старых бетонных полов, при этом расчет таких конструкций должен выполняться при условии отсутствия адгезии между слоями и условии несовмещения швов.

В качестве еще одного примера неэффективного инженерного решения можно привести реальный случай из проектной практики, когда при средней эквивалентной равномерно-распределенной нагрузке 3т/м^2 была запроектирована монолитная железобетонная плита толщиной 600 мм. Кроме этого в зонах действия полосовых нагрузок (до $6,5\text{ т/м}^2$) в данной плите были предусмотрены утолщения («ребра») высотой до 900 мм. Таким образом, общая толщина такого «подстилающего слоя» составила 1,5 м (!). При этом подстилающие грунты имели вполне удовлетворительные деформационные характеристики (маловлажные тугопластичные суглинки), а дополнительно устроенный песчаный слой — толщину более 1 м и был послойно уплотнен с соблюдением соответствующих нормативных требований.

Дополнительно в качестве курьеза можно отметить, что в этом случае поверх данной плиты была запроектирована неармирован-

ная бетонная стяжка толщиной 50 мм (!). Очевидно, что даже при наличии несущей плиты толщиной 1,5 м долговечность такого пола в целом, учитывая наличие тонкой (50 мм) стяжки, будет минимальной и дефекты, в том числе в виде многочисленных трещин, появятся еще на стадии строительства. **Ст**

Литература

1. Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. М.: ЦНИИПромзданий, 1981.
2. ПОТ РО-14000-004-98. Положение. Техническая эксплуатация промышленных предприятий. М.: Инженерный центр обеспечения безопасности в промышленности, 1998.
3. СНиП 2.03.13-88. Полы. М.: ЦНИИПромзданий, 1988.
4. СНиП 3.04.01-87. Изоляционные и отделочные покрытия. М.: ЦНИИПромзданий, 1987.
5. СП Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта. М.: ЦНИИПромзданий, 2008.
6. Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта (в развитии СНиП 2.03.13-88. «Полы. Нормы проектирования» и СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия»). М.: ЦНИИПромзданий, 2004.
7. СНиП 32-03-96 Аэродромы. М.: Стройиздат, 1996.

(Продолжение следует)



industrial floors
Concrete Engineering

т/ф. (495) 739-54-68
(812) 293-46-19

www.monolitpol.ru



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ

- Бетонные полы с упрочнённым верхним слоем
- Химостойкие полимерные покрытия пола
- Основания под полы
- Проектирование и оптимизация существующих проектов

склады класса А
холодильники
промздания



Вопросы обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности полов производственных зданий

(Продолжение. Начало см. «СuT» № 4, 2010 г.)



ТЕКСТ А. Горб,
директор ЗАО «СК Конкрет Инжиниринг»,
советник РАЕ, член международного союза
экспертов по строительным материалам, системам
и конструкциям RILEM, Американского института
бетона ACI и Британской ассоциации бетона CS



ТЕКСТ И. Войлоков,
доцент кафедры ТОЭС
Санкт-Петербургского государственного
политехнического университета

Анализ проектных решений по выбору расчетной модели грунтового основания

При расчете несущих конструкций полов производственных зданий проектировщики часто используют различные модели грунтового основания, не всегда обосновывая свой выбор в пользу той или иной модели. Известно, что принятые модели основаны на различных гипотезах и при расчете полов не-

обходимо использовать такую модель, которая наиболее полно отвечает характеру работы данного грунтового основания в условиях конкретной строительной площадки, конструкции плиты и характеру планируемых и предусмотренных техническим заданием нагрузок и воздействий. Например, как было отмечено в многочисленных работах [1, 2, 3], при наличии в основании сухих или маловлажных глинистых грунтов целесообразно

применять модель упругого полупространства, а в случаях песчаных или переувлажненных глинистых грунтов оптимальным является использование одноконстантной (винклеровской) модели. Следует отметить, что существующими нормами предусмотрена методика расчета конструкций полов с использованием винклеровской модели основания.

Оценка характеристик напряженно-деформируемого состояния

конструкции пола в условиях его нагружения знакопеременными и часто меняющимися нагрузками является сложной инженерной задачей. При одинаковой, как правило, жесткости плиты в ее различных зонах действуют различные по характеру и значению вертикальные нагрузки, которые приводят к неравномерным осадкам грунтового основания, прогибам плиты и соответственно неравномерным напряжениям, возникающим в различных зонах проектируемой плиты пола.

Расчет конструкции пола, являющейся с точки зрения строительной механики плитой на упругом основании, необходимо производить, используя ту из принятых моделей, которая наиболее полно отвечает ее действительной работе в конкретных условиях. Иногда при наличии в сжимаемой толще разнородных грунтов необходимо производить предварительные расчеты, анализируя различные модели, и выбирать в дальнейшем наиболее обоснованным критериям. Проектировщики часто используют только одну из существующих моделей, наиболее «правильную» с их точки зрения. Однако, учитывая многообразие грунтовых условий, такой подход, при котором игнорируются прочие модели, является упрощенным, приводящим в большинстве случаев к неверным результатам и в дальнейшем — к негативным последствиям.

Анализ решений по характеру предпроектных изысканий

При выполнении предпроектных инженерно-геологических изысканий часто используются данные, полученные методами поверхностных штамповых испытаний. Следует отметить, что результаты таких испытаний должны лишь дополнять данные, полученные стандартными инженерно-геологическими изысканиями, но не игнорировать и не заменять их. Осадки многослойного основания вычисляются различными аналитическими или численными методами на основании данных

инженерно-геологических изысканий с учетом требований действующих нормативно-технических документов, предусматривающих использование модели линейно-деформируемого слоя. При использовании в расчетах данных, полученных только штамповыми методами, можно прийти к ошибочным результатам — завышенной (при наличии малых нагрузок) или заниженной (в обратном случае) величине модуля деформации грунтов основания, так как при данных методах испытаний глубина исследуемой грунтовой толщи является ограниченной и может быть недостаточной вследствие ограниченного веса внешних пригрузов (рис. 1). Кроме этого не всегда может быть учтено поверхностными штамповыми испытаниями развитие пластических деформаций глинистых грунтов, являющихся результатом достаточно длительного процесса. Их учет возможен только при применении известных расчетных формул на основании данных, полученных при послойных испытаниях элементов грунтов в сжимаемой толще. Иногда при наличии в основании переувлажненных глинистых грунтов необходимо принимать во внимание их консолидацию.

Другой ошибкой при выработке проектных решений является использование данных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, собранных с целью проектирования оснований под фундаментные конструкции несущих элементов каркаса здания; в случае проектирования полов такие данные не всегда достаточно информативны.

Часто допускается и еще одна ошибка — полы проектируются на основании результатов исследования грунтов, выполненного непосредственно подрядчиками (изготовителями полов), не имеющими необходимой квалификации и достаточного опыта для проведения подобных исследований и оценки полученных результатов, поэтому сделанные таким образом выводы могут оказаться недостоверными. Для получения обоснованных

данных по физико-механическим характеристикам подстилающих грунтов, которые могут быть учтены при проектировании полов, следует привлекать специализированную аккредитованную испытательную лабораторию, имеющую опыт выполнения подобных исследований.

При выработке проектных решений необходимо составление отдельной специальной программы по исследованию свойств подстилающих грунтов. Такая программа должна включать более детальное обследование грунтов в труднодоступных для уплотнительной техники местах, в том числе большее количество исследуемых точек на единицу площади (как правило, одно испытание на 200–300 м² контролируемой поверхности). При этом в большинстве случаев толщина исследуемого слоя может ограничиваться 4–6 м. Кроме этого целесообразным является наличие постоянного лабораторного поста на объекте строительства для осуществления периодического контроля и проведения необходимых испытаний грунтов в процессе выполнения работ.

Анализ проектных решений по устройству подстилающего основания

Важную роль в обеспечении долговечности промышленных полов играют прочностные и деформативные свойства подстилающего грунтового основания (искусственного и естественного), так как от его соответствия нормативным



Испытание подстилающего слоя поверхностным штампом



Скол края бетонной плиты и уступ между смежными плитами пола

и проектным требованиям зависит величина возникающих напряжений в несущей плите пола и соответственно ее несущая способность.

При устройстве полов по основанию, уплотненному менее показателей, требуемых проектом и строительными нормативами, происходит его доуплотнение в процессе эксплуатации в результате воздействия статических, динамических и вибрационных нагрузок. При этом между основанием и плитой пола могут появиться «зазоры» (особенно вблизи швов), что может вызывать недопустимые напряжения в несущей плите пола, приводящие к недопустимому трещино-

образованию и возникновению в районе швов характерных «уступов» между соседними плитами пола (рис. 2), наличие которых может существенно снизить его эксплуатационную пригодность.

В качестве материалов для создания искусственных оснований чаще всего используют щебень, песок и песчано-гравийную смесь. В отдельных случаях могут применяться основания из естественного или насыпного грунта, обработанные различными вяжущими. Такой метод создания искусственных оснований является технически и экономически обоснованным только при соблюдении определенных условий, выполнение кото-

рых не всегда можно обеспечить на стройплощадке.

Так, например, в случае проектных недоработок или возникновения не предусмотренных проектом организации строительства ситуаций (допущение промерзания грунта из-за срыва сроков графика строительства объекта, а также необеспечение заказчиком застройщиком или генподрядчиком положительных температур в построенном здании в зимнее время) связность частиц в таких основаниях может теряться (переход в разрыхленное состояние), и тем самым снижаются показатели несущей способности выполненного основания. Такого, например, поведение укрепленного цементом или известью глинистого грунта при условии его переувлажнения и промерзания, в том числе в строительный период.

Учитывая это, проектировщики «Конкрит Инжиниринг» не используют в своих проектах искусственные обработанные вяжущими основания, являющиеся менее надежными в реальных условиях, а кроме того, более дорогостоящими по сравнению с другими вариантами. Предпочтение отдается применению в конструкции основания среднезернистого или крупного песка, а в качестве подстилающего несущую плиту слоя — щебня из изверженных или осадочных горных пород. Как показала практика, такие основания при их достаточном уплотнении надежнее и долговечнее цементогрунта и кроме этого менее подвержены изменению их свойств при изменении внешних температурно-влажностных условий, в том числе в случаях их промерзания.

В отдельных случаях при создании искусственного основания из крупнозернистого песка, выполняемого по естественному основанию из тонкодисперсных супесчаных или слабых водонасыщенных глинистых или песчаных грунтов, целесообразно применять изолирующие (разделительные) прослойки из геотекстильных материалов (рис. 3), исключающие взаимное перемешивание материалов слоев.



Применение геотекстильных материалов для разделения слоев

В последнее время на рынке стали появляться различные материалы, армирующие грунты (увеличивающие их несущую способность, распределяющие сосредоточенные нагрузки на большую площадь подстилающего основания и снижающие величину неравномерных деформаций основания), в том числе плоские геосетки (рис. 4) и объемные георешетки (рис. 5) из различных полимерных материалов.

Плоские сетки целесообразно применять при устройстве щебеночных оснований, располагая их



Применение геосеток для армирования подстилающего слоя

грузок от различных транспортных средств [4].

Объемные трехмерные георешетки позволяют существенно повысить несущую способность основания за счет снижения поперечных деформаций армируемого грунтового слоя.

Применение различных армирующих и разделительных прослоек позволяет при действии эксплуатационных нагрузок снизить величину неравномерных деформаций основания, особенно при строительстве полов на слабых грунтах. Однако, если применение разделительных геотекстильных прослоек экономически эффективно практически во всех случаях, то синтетические сетки и объемные решетки имеют ограниченную область применения, в основном из-за их высокой стоимости. В любом случае выбор технологии устройства основания должен быть обоснован соответствующими инженерными расчетами на основании дан-

ных предварительных инженерных изысканий и соответствующих испытаний. Также важной является оценка температурных, технологических и прочих условий производства работ. Технико-экономическое сравнение вариантов является обязательным в любом случае. **Ст**

Литература

1. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. М.: Стройиздат, 1984.
2. Основания, фундаменты и подземные сооружения («Справочник проектировщика» под редакцией Е.А. Сорочана). М.: Стройиздат, 1984.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2005.
4. Матвеев С.Е. Моделирование и расчет армированных многослойных плит на упругом основании. Автореферат на соискание ученой степени доктора техн. наук. Томск, 2006.

(Окончание следует)



Применение объемных георешеток для армирования подстилающего слоя

под подошвой данного слоя. В этом случае такая сетка выступает как армирующий элемент по аналогии с арматурой железобетонного сечения, при этом наиболее полно используются ее высокие показатели сопротивления растягивающим усилиям. Особенно эффективным является их применение при проектировании полов на слабых грунтах при воздействии колесных на-



industrial floors
Concrete Engineering

т/ф. (495) 739-54-68
(812) 293-46-19

www.monolitpol.ru



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ

- Бетонные полы с упрочнённым верхним слоем
- Химостойкие полимерные покрытия пола
- Основания под полы
- Проектирование и оптимизация существующих проектов

склады класса А
холодильники
промздания



Вопросы обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности полов производственных зданий

(Окончание. Начало см. «С+Т» № 4, 5, 2010 г.)



ТЕКСТ А. Горб,
директор ЗАО «СК Конкрет Инжиниринг», советник РАЕ, член международного союза экспертов по строительным материалам, системам и конструкциям RILEM, Американского института бетона ACI и Британской ассоциации бетона CS



ТЕКСТ И. Войлоков,
доцент кафедры ТОЭС Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Анализ проектных решений по характеру армирования плит пола

Как было отмечено выше, долговечность промышленных полов зависит от совокупности многих факторов, и недоучет одного или нескольких из них может иметь различные, в том числе и негативные, последствия. На практике бывают случаи, когда заказчик, не всегда владея темой, предлагает подрядчику свой, якобы наилучший

и широко используемый в мировой практике вариант конструкции пола. При этом такие «решения» часто почерпнуты из Интернета, рекламных брошюр производителей материалов и советов «грамотных» специалистов. Общеизвестно, что размещенные в Интернете данные в большинстве случаев являются недостоверными, содержание статей никем не рецензируется, публикации чаще всего носят информативный характер и дают

представление о возможностях без разъяснения условий их достижения (не учитывают все возможные условия конкретного строительного объекта).

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. Многочисленная информация различных фирм-производителей стальной фибры заявляет о высокой прочности сталефибробетона, в несколько раз превышающей прочность неармированного бетона и даже желе-

зобетона. Это вводит в заблуждение как заказчиков, так и некоторых проектировщиков. Следует ли воспринимать заявления о подобной степени повышения прочности бетона при применении фибры всерьез в приложении к конкретной ситуации — устройству полов из фибробетона?

Для проведения сравнительного анализа с обычным бетоном испытывают в основном образцы сталефибробетона со следующими характеристиками:

- бетонная матрица — песко- или мелкозернистый бетон (без крупной фракции заполнителя);
- дозировка стальной фибры — от 1 до 3% (80–250 кг/м³ бетонной смеси) и выше.

При этом обеспечивается строгий лабораторный контроль дозировки составляющих, времени их перемешивания и тщательно соблюдаются температурные и прочие условия при изготовлении образцов.

Однако при устройстве промышленных полов характеристики сталефибробетона совершенно другие:

- бетонная матрица — только тяжелый бетон с использованием, как правило, заполнителя крупной фракции (5–20 мм);
- дозировка стальной фибры — 0,25–0,5% (20–40 кг/м³ бетонной смеси).

Таким образом, разница между характеристиками сталефибробетона, рассматриваемого производителями фибры в контрольных тестах, и сталефибробетона, применяемого для устройства промышленных полов, является весьма значительной. Это делает выводы, предлагаемые вниманию потребителей, в том числе в Интернете, неприемлемыми в вопросах устройства бетонных промышленных полов.

Содержание фибрового волокна в сталефибробетоне для устройства полов, как правило, в силу различных причин ограничивается и составляет величину, рекомендуемую нормативно-техническими документами [1, 2, 3]. Это содержание волокон вполне обосновано для массового применения, так

как в этом случае нет необходимости производить коррекцию бетонной смеси с учетом еще одной его составляющей (фибры). При большом содержании фибры такую коррекцию производить необходимо, однако на практике бетонные заводы неохотно идут на подобные действия и кроме этого часто не имеют соответствующих правовых оснований на производство такой фибробетонной смеси. Набравшие проектную прочность в условиях реальной строительной площадки образцы бетона из откорректированной смеси должны пройти необходимые тестовые испытания, которыми в силу различных причин не будут заниматься лаборатории бетонных заводов. Подбор состава и изготовление фибробетонных конструкций с содержанием фибры более 0,5% на практике является возможным только в заводских условиях, при наличии постоянного лабораторного контроля технических показателей бетонной смеси. Даже если теоретически какой-либо бетонный завод и решится изготовить такую сталефибробетонную смесь (с повышенным содержанием фибры), то все равно трудно получить качественную фибробетонную конструкцию, так как влияние еще одной технологической операции — транспортировки бетона — может привести к негативным последствиям. Ведь время и условия смешивания компонентов сталефибробетона строго регламентированы нормативами, при нарушении которых может произойти «комкование» фибр или их неравномерное распределение по объему бетона-матрицы.

Целью любого вида армирования бетона (стержневого или фибрового) в любых конструкциях и, в частности, в полах является наиболее полное использование свойств применяемых материалов (бетона и арматуры) для повышения несущей способности и снижения веса конструкции. Прочие технические требования, такие как морозостойкость, водонепроницаемость, ударная стойкость и пожаростойкость, для ряда строительных конструкций являются определяющим фак-

тором, но для полов производственных зданий в большинстве случаев не являются определяющими.

Учитывая относительно низкий процент содержания фибры, введенной в сталефибробетон для устройства промышленных полов, влияние ее на увеличение износостойкости поверхности пола несущественно. Более значимыми являются улучшение свойств самой бетонной матрицы (подбор состава бетона) и качественное осуществление мероприятий по уходу за бетоном в процессе его твердения. Однако с появлением на рынке большого количества типов упрочняющих покрытий, надежно защищающих бетон от воздействий абразивных нагрузок, тема повышения износостойкости поверхности за счет вариации свойств фибры и бетонной матрицы стала просто неактуальной.

Анализ экономической эффективности проектных решений

Важным условием при проектировании любой строительной конструкции является ее экономическая эффективность. В приложении к промышленным полам этот показатель можно выразить как отношение величины воспринимаемых полом нагрузок к стоимости затрат на его изготовление: чем выше это значение при сравнении различных вариантов, тем решение эффективнее. Необходимо также учитывать такой показатель, как стойкость конструкции к длительному восприятию эксплуатационных нагрузок и воздействий без возникновения значимых дефектов. Важно произвести многофакторную сравнительную оценку различных вариантов и только после этого принять обоснованное и окончательное решение.

Как показали исследования, в отдельных случаях при относительно небольших нагрузках и мало-сжимаемом основании (с высокой несущей способностью) обоснованным инженерным решением может являться применение сталефибробетонной конструкции пола. Для большинства же строящихся

современных промышленных объектов характерны значительные нагрузки и слабое основание (с недостаточной несущей способностью), что практически исключает возможность использования в конструкциях полов сталефибробетона с малыми (до 1%) дозировками фибрового волокна, не оказывающими существенного влияния на повышение несущей способности плиты пола.

Иногда экономически эффективной является комбинированная конструкция плиты пола (фибробетонная плита с дополнительным стержневым армированием).

При проведении многофакторного технико-экономического сравнения различных вариантов конструкций пола наиболее оптимальным вариантом по эксплуатационной надежности и долговечности оказались железобетонные полы.

На ряде объектов с фибробетонными полами через несколько лет эксплуатации появились различные дефекты, среди которых можно отметить сквозные (рис. 1) и поверхностные трещины, а также коробление краев плит (рис. 2). Причины этих дефектов многочисленны, но в их основе скорее всего лежат вариативные отклонения реальных свойств грунтового основания, применяемых материалов и т.



1
Сквозные структурные трещины в бетонном полу



2
Трещины и сколы при короблении углов плиты пола

п. от свойств, предполагаемых расчетом. То есть фактически данная конструкция среди прочих вариантов армирования оказалась с течением времени наиболее склонной к возникновению повреждений; она хорошо себя проявляет только в случаях наличия в основании однородных малосжимаемых грунтов и при эксплуатационных условиях, не отклоняющихся от предусмотренных проектом.

Мы рассмотрели некоторые примеры некачественных проектных решений, вызывающих снижение долговечности и эксплуатационной пригодности промышленных полов. Однако, как было отмечено в начале этой статьи, долговечность бетонных полов зависит также и от качества строительства, и особенно от качества применяемых материалов, в первую очередь — бетона.

Чтобы достигнуть желаемой долговечности бетонных полов (хотя бы 10–15 лет), бетонная смесь должна быть правильно запроектирована; не всякая бетонная смесь может быть использована при устройстве промышленных полов, а только соответствующая особым требованиям [4]. Обследованные «Конкрит Инжиниринг» бетонные полы, как прослужившие 10 и более лет и практически исчерпавшие свой ресурс, так и построенные 3–5 лет тому назад, позволяют сделать вывод, что строители не всегда ответственно относятся к контролю качества бетона и вопросам ухода за ним в период набора прочности. Во многих случаях отмечено отсутствие должного контроля при выполнении строительных работ.

Вот некоторые выводы о характере и причинах возникновения дефектов по результатам проведенных обследований объектов:

- в полах до завершения гарантийного срока появились выбоины (рис. 3) и раковины, так как в бетонной смеси попадались обломки древесины, глинистые и другие включения;
- при производстве работ пропущены места, где должны были быть нарезаны швы, а глубина нарезанных не соответствовала про-

ектным требованиям, что вызвало самопроизвольное трещинообразование в виде кривых трещин с рваными краями, кромки которых со временем постепенно разрушились;

- из-за плохого ухода за бетоном в процессе его твердения или из-за изменений в составе поставляемого бетона на поверхности полов образовывались многочисленные усадочные трещины. Интенсивное перемещение тяжелого напольного транспорта разрушало бетон вблизи таких трещин (рис. 4), его поверхность подвергалась глубокому шелушению (рис. 5), в результате чего снижалась проектная толщина бетона и, следовательно, несущая способность плиты.

Преждевременное шелушение поверхности бетона в полах также вызывалось нарушением по различным причинам состава бетонной смеси в процессе ее приготовления (использование неprojektных марок цемента, щебня или песка, недопустимое содержание примесей, нарушение водоцементного отношения, применения недопустимых добавок и пр.). Все эти дефекты и повреждения полов, возникающие по различным причинам, снижают их эксплуатационные характеристики и долговечность (способствуют преждевременному разрушению). Нарушение или изменение предусмотренных проектом режимов и условий эксплуатации полов также приводит к появлению дефектов и повреждений, снижающих их долговечность.

К таким нарушениям относятся:

- применение агрессивных по отношению к покрытиям пола и герметикам моющих средств, а также уборочных машин с жесткими металлическими или полимерными щетками;
- допущение присутствия на поверхности пола абразивного материала в виде твердых мелкодисперсных частиц, а также различного «наносного» мусора, особенно в местах интенсивного перемещения грузоподъемной техники. Эти непредусмотренные абразивные воздействия способствуют преждевременному истиранию упрочняющего покрытия и вследствие

этого повышенному «пылению» поверхности;

- несвоевременная замена в швах герметика, отделившегося от кромок плит;

- несвоевременный ремонт трещин, способствующий преждевременному разрушению пола вблизи них;

- изменение со временем гидрогеологических условий строительной площадки вследствие перекрытия устраиваемым полом значительной площади, затрудняющего естественный влагообмен грунтового основания с окружающей внешней средой и вызывающего недопустимое водонасыщение рабочего слоя грунтового основания, а в итоге — снижение его деформативных характеристик;

- допущение превышения предусмотренных проектом нагрузок (перегруз пола). Во избежание перегруза пола необходимо при планировании изменения характера нагрузок (применение новых типов стеллажного и подъемно-транспортного оборудования) производить проверочные расчеты соответствия несущей способности пола новым условиям эксплуатации.

Таким образом, нами перечислены основные причины, вызывающие сокращение долговечности промышленных полов.

Выводы

Долговечность промышленных полов зависит прежде всего от качества проектных решений, соблюдения технологии выполнения строительных работ и качества применяемых



3 Выбоина в бетонном полу



4 Сколы кромок трещины в бетонном полу



5 Шелушение поверхности бетонного пола

строительных материалов, что продемонстрировано на наглядных примерах, приведенных в данной статье. Вот почему желательно и важно поручать создание пола профи-

ональной специализированной организации, имеющей достаточный опыт работ, применяющей современные технологии и способной не только организовать строительство, но и обеспечить разработку обоснованных проектных решений, своевременно произвести необходимые испытания предназначенных для строительства материалов, обеспечить текущий контроль их качества, и в целом — надежность решений на всех этапах создания пола. Заказчик строительства должен понимать, что экономия от привлечения организации с низким профессиональным уровнем может обернуться многократно превышающими начальную сметную стоимость финансовыми затратами на исправление дефектов пола, сопутствующих работе таких строителей. **СТ**

Литература

1. РТМ-17-01-2002. Руководящие технические материалы по проектированию и применению сталефибробетонных строительных конструкций. М.: ГУП НИИЖБ, 2002.

2. РТМ-17-03-2005. Руководящие технические материалы по проектированию, изготовлению и применению СФБ конструкций на фибре из стальной проволоки. М.: ГУП НИИЖБ, 2002.

3. СП 52-104-2006. Сталефибробетонные конструкции. М.: ГУП НИИЖБ, 2006.

4. Горб А.М. Вопросы обеспечения качества бетона для изготовления промышленных полов. М.: Склад и техника, № 2, 2010.

5. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований зданий и сооружений. М.: НИИОСП, 2004.



industrial floors
Concrete Engineering

т/ф. (495) 739-54-68
(812) 293-46-19

www.monolitpol.ru



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ

- Бетонные полы с упрочнённым верхним слоем
- Химостойкие полимерные покрытия пола
- Основания под полы
- Проектирование и оптимизация существующих проектов

склады класса А
холодильники
промздания