



О дефектах бетонных полов на объектах складского назначения, причинах их возникновения и способах предупреждения

При строительстве любого промышленного здания или сооружения возможно применение различных конструктивных решений, типов несущих и ограждающих конструкций, а также технологий строительства, соответствующих требованиям действующих строительных норм и правил.

В любом случае, строительство должно предполагать создание здания или сооружения, которое по своим различным параметрам должно соответствовать заданному или планируемому в перспективе обеспечению его эксплуатации в рамках предполагаемого производственно-технологического процесса. Однако всегда следует иметь в виду, что именно качество строительства, выбор строительных решений, типов конструкций, технологии строительства и систем жизнеобеспечения проектируемого здания или сооружения (кровли, полов, систем отопления, водо-

снабжения, кондиционирования, мощности электросетей и т.п.) влияют на надежность протекания планируемых заказчиком строительства производственных процессов. При этом в различных случаях существует свой набор критических параметров, присущих данному объекту строительства, с точки зрения выбора строительных материалов, типов несущих и ограждающих конструкций, а также особенности его проектирования и строительства. Иногда требуется привлечение специализированных организаций, имеющих опыт проектирования и строительства соответствующих объектов

и частей сооружений. При любых условиях определяющим является соответствие проектных и строительных решений технологическим потребностям производства.

Иногда с учётом особенностей конкретного объекта наиболее важным является качество покрытия или термоизоляции, где-то полов и ограждающих конструкций, а где-то надежность электро- водо- или теплоснабжения. Часто определяющим фактором является обеспечение надежности и соответствия систем кондиционирования заданным параметрам.

Рассматриваемые вопросы являются сложными и многогранными, требующими всестороннего рассмотрения и анализа со стороны различных специалистов по строительству и технологов производства. В рамках данной статьи не представляется возможным осветить все аспекты данной тематики. Отдельные вопросы должны анализироваться в публикациях соответствующих специалистов в конкретных областях. Автором статьи, в рамках её объема, сделана попытка анализа некоторых характерных и часто встречающихся дефектов бетонных полов и причин их возникновения вследствие различных факторов, возникающих в процессе строительства и эксплуатации объектов складского назначения.

Существенными критичными ограничениями-требованиями при создании зданий складского назначения являются практическая невозможность остановки деятельности склада для проведения ремонта, что парализовало бы бизнес-процессы всех участников логистической цепочки, а также гарантированное обеспечение скорости движения подъемно-транспортного оборудования, а в конечном итоге – интенсивности деятельности склада. Выполнение этих ограничений-требований обеспечивается эксплуатационной надежностью (бездефектностью) и ровностью поверхности полов. Таким образом, полы склада – один из наиболее важных элементов конструкции





здания складского назначения. Несмотря на столь значительную важность, полы нередко имеют многочисленные дефекты. В данной статье мы попытаемся проанализировать причины возникновения дефектов и способы их предупреждения.

В данной статье не рассматриваются факторы, влияющие на целостность и эксплуатационную пригодность полов, обусловленные качеством проектных решений. Надеемся, что эта важная и самостоятельная тема будет детализирована в последующих публикациях.

В процессе эксплуатации полов на объектах производственно-складского назначения в результате воздействия различных факторов происходит постепенное их изнашивание, а когда напряжения и деформации превышают предельные значения, происходит их частичное или полное разрушение, которое проявляется в виде образования различных дефектов и повреждений. К наиболее характерным и, часто выявляемым дефектам, затрудняющим проектную эксплуатацию промышленных полов, относятся: шелушение и выкрашивание поверхностного слоя бетона, образование выбоин, раковин, трещин и отслоений, сколы углов, краев и вертикальные смещения плит, повышенное пылеотделение, коробление, сколы кромок швов и разрушения герметика.

В результате колесных воздействий подъемно-транспортного оборудования (ПТО), статических, динамических и вибрационных нагрузок от технологического оборудования, а также температурных воздействий и различных гидрогеологических факторов, происходит постепенное снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности полов, связанное с внутренними необратимыми изменениями в отдельных конструктивных элементах и грунтовых слоях. Природные факторы (перепады температур в неотопляемых помещениях, колебания уровня грунтовых вод в деформируемой толще и др.) также оказывают отрицательное влияние на работу конструкций полов в целом и на состояние поверхности в частности.

В процессе строительства также неизбежны различные отклонения, в том числе, от проектных размеров элементов конструкций и свойств строительных материалов в пределах, допустимых и не допустимых проектом и нормативными документами.

Следует отметить, что прочность и несущая способность конструкций полов могут быть достаточными, однако наличие на поверхности большого количества дефектов, может привести к их предельному состоянию вследствие невозможности дальнейшей безопасной проектной эксплуатации в результате недопустимой ширины раскрытия швов, разрушения его кромок, возникновения трещин, вертикальных деформаций плит, снижающих ровность и плоскостность поверхности, а также попадания продуктов разрушения бетона в движущиеся части подъемно-транспортного оборудования.

Эксплуатационные факторы являются основной причиной снижения целостности полов. В процессе эксплуатации конструктивные слои полов подвергаются различным нагрузкам и воздействиям, основными из которых являются:

- усилия, вызывающие вертикальные и горизонтальные напряжения, приводящие к появлению упругих и пластических деформаций;
- местные силовые и ударные воздействия, образующие сколы и выбоины;
- вибрационные нагрузки, вызывающие развитие сетки поверхностных, а иногда и сквозных трещин;
- кратковременные и длительные охлаждения и нагревы поверхности, возникающие преимущественно вблизи наружных въездных ворот и у доклевелеров;
- абразивные воздействия от движения транспортных средств; разрушения происходят особенно интенсивно в случае загрязненной и запыленной поверхности, использования подъемно-транспортного оборудования с деформированными или изношенными колёсами, а также при отсутствии упрочняющих защитных покрытий пола или применении при их устройстве низкокачественных материалов.

Кроме того, на техническое состояние полов влияют правильность принятых технических и технологических проектных решений (оптимальное конструирование и точность расчетов, полный учет нагрузок и воздействий и их возможных отклонений), качество строительства (достаточное уплотнение оснований, качество исходных материалов и соблюдение технологии производства работ), а также соблюдение проектных (изначально планируемых) условий эксплуатации.

Итак, остановимся на рассмотрении нижеприведенных, выявленных в результате многолетних наблюдений характерных, наиболее часто возникающих дефектов промышленных полов, вызываемых ошибками при строительстве и нарушениями при эксплуатации.

Шелушение поверхности представляет собой отслаивание от поверхности пола тонких слоев бетона в виде чешуек толщиной 2-5 мм или тонких лещадок до 40 мм и выкрашивание мелких частиц, составляющих бетон – песка, щебня и цементного камня. Шелушение поверхности происходит в результате нарушения связи цементного камня с заполнителем, что характерно для бетонов, имеющих невысокие показатели адгезии цементного камня к заполнителю, что может быть следствием применения некачественных материалов и нарушения технологии производства бетонных работ. На процесс шелушения значительно влияют такие эксплуатационные факторы, как многократное приложенное воздействие от ПТО, нарушения температурных условий эксплуатации, а также ряд технологических факторов при строительстве, в частности, применение при приготовлении бетонной

смеси цемента низкого качества и недопустимых при устройстве полов химических добавок.



Последствием шелушения является уменьшение толщины плиты пола, что снижает её несущую способность.

Шелушение поверхности способствует выкрашиванию крупного заполнителя бетона и является началом поверхностного разрушения, приводящего к образованию раковин, выбоин, а затем сколов и проломов плит, что часто делает невозможной дальнейшую эксплуатацию пола.

Выбоины в основном образуются в результате развития уже имеющихся выкрашиваний цементобетона под воздействием многократно повторяющихся динамических нагрузок. Обычно они имеют вид воронкообразных круглых или овальных углублений размером 5–10 см в плане и глубиной до 1–5 см.



Раковины имеют такую же форму, как и выбоины, но меньшие размеры. Причиной их образования является повышенное содержание в бетоне примесей в виде органических и глинистых частиц, а также применение в качестве крупных заполнителей гравия с низкими показателями по прочности, который быстро разрушается и выпадает из бетона плиты вследствие его низкого сцепления с цементным камнем. Раковины могут появляться в результате недоуплотнения бетонной смеси, некачественной обработки поверхности и «омолаживания» бетонной смеси при обработке бетона.

Трещины по характеру могут быть сквозными, поверхностными и волосяными.

Сквозные (силовые) трещины в бетонных плитах полов образуются в тех случаях, когда напряжения, возникающие в бетоне, превышают предел его прочности на растяжение. Сквозные трещины обычно возникают при недостаточной несущей способности конструкции плиты и грунтового основания и вызваны совместным действием экс-

платационной нагрузки и температурно-усадочных воздействий. Кроме этого, сквозные трещины развиваются из поверхностных трещин под действием случайных нагрузок, превышающих проектные величины. На угловых, особенно неармированных, участках плит часто образуются косые трещины. Они сильно разветвляются и имеют выкрошенные кромки. На краевых участках плит вдоль швов трещины образуются из-за некачественной нарезки швов и неправильной установки устройств передачи нагрузок в швах. Сквозные трещины особенно интенсивно развиваются в местах случайного, наиболее неблагоприятного сочетания различных нагрузок и воздействий и, особенно, при наличии недоуплотненного грунтового основания. Причиной их появления является концентрация растягивающих напряжений в бетоне, превышающая его допустимое расчетное сопротивление. Основная опасность сквозных трещин состоит в том, что они снижают несущую способность плит пола из-за изменения расчётной схемы и возникновения в плите и подстилающем основании усилий, не предусмотренных инженерным расчетом.



Поверхностные трещины бывают главным образом усадочного или температурного происхождения и возникают при короблении плит и совместном действии вибрационных нагрузок, температурных и усадочных напряжений. Поверхностные трещины постепенно увеличиваются в глубину и длину и часто разветвляются в разных направлениях. Образованию поверхностных трещин способствуют такие факторы, как несоблюдение требований к подбору состава бетонной смеси, неправильный уход за свежеложенным бетоном, несоблюдение параметров швов, их неправильное расположение, несвоевременная нарезка и прочее.

Волосняные трещины (с раскрытием менее 0,1 мм) в виде густоразвитой сетки образуются преимущественно при усадке бетона. Они являются результатом неправильного подбора состава бетонной смеси, высокого объёмного содержания низкомарочного цемента или несоблюдения правил ухода за бетоном в начальный период твердения. Волосняные параллельные трещины также образуются над стержневой арматурой, расположенной в верхней части сечения плиты, при недостаточной толщине защитного слоя бетона.

Отколы углов и краев плит являются результатом дальнейшего развития трещин на этих участках при воздействии верти-

кальных, в том числе колесных, нагрузок. Таким разрушениям способствуют недостаточная прочность бетона, неправильное армирование, особенно мест пересечений осей швов, а также наличие зазоров между плитой и подстилающим основанием, которые возникают в результате концентрации усилий в основании или коробления плиты и изменяют характер работы углов плит на консольный.



Под действием эксплуатационных нагрузок эти слабые участки плит (края и углы) откалываются и обычно проседают или раскалываются на более мелкие части.



Разрушение кромок швов является результатом несоблюдения технологии нарезки швов и выбора несоответствующих условиям эксплуатации материалов для их заполнения. Сколы кромок наблюдаются также при наличии уступов между соседними плитами, образующихся в результате просадок грунта и коробления. Часто причиной разрушения кромок является преждевременное начало эксплуатации пола (до завершения набора бетоном необходимой прочности).



С обломов кромок обычно начинается разрушение стыковых соединений (устройств передачи нагрузок в швах). В случае применения шпунтованной конструкции стыкового соединения сначала разрушается полочка шпунта, а затем откалывается зуб шпунта, что часто происходит в случае небольшой толщины плит (менее 20 см). Разрушение стыревого соединения начинается с образования трещин вдоль линии размещения штырей, а затем происходят сколы

краевых участков плит. Способствует возникновению данного дефекта смещение штырей в процессе бетонирования. Разрушение кромок плит увеличивает ширину швов и создает на поверхности пола неровности, исключая возможность эксплуатации подъемно-транспортного оборудования в паспортном режиме по скорости работы. Данный дефект пола резко снижает скорость проведения погрузочно-разгрузочных операций (интенсивность работы склада), приводит к повышенному износу колес, вызывает повышенные вибрации в конструкциях, сварных соединениях и узлах подъемно-транспортного оборудования, и их преждевременное разрушение.

Просадки и перекосы плит пола – результат существенной потери несущей способности искусственного основания или подстилающего грунта. Их причиной являются потеря грунтами некоторых категорий несущей способности в случае непредвиденного повышения или понижения уровня грунтовых вод, недостаточное уплотнение основания в процессе строительства, неравномерность осадки в случае невыявленной исследованиями разнородности грунтов, а также вымывание подстилающего грунта из-под плиты грунтовыми, бытовыми и сточными водами. Смещение плит в вертикальном направлении в помещениях, предназначенных к эксплуатации при положительных температурах (опаляемых), может быть вызвано пучением грунта в случае его промораживания (аварийное длительное отключение теплоснабжения в зимний период, обогрев построенного здания из соображений экономии).

Вертикальные смещения и перекосы плит создают опасные, а иногда и невозможные для дальнейшей эксплуатации пола условия.

Коробление плит (необратимого характера) происходит в процессе усадки при твердении бетона (эффект «подъема краев плит») из-за разности по вертикальному сечению плиты в плотности структуры бетона и скорости потери влаги. Коробление плит (переменного характера) происходит на открытых площадках и в неотапливаемых помещениях при резком изменении их температуры и влажности окружающей среды в результате возникновения градиентов напряжений по высоте сечения плиты, вызванных разницей температур и степеней свободы перемещений в нижних и верхних слоях плиты (трение нижних слоев о подстилающее основание). Влияют на степень коробления плит пола, и позволяют значительно его уменьшить, наличие стыковых соединений между плитами, а также параметры швов.

Низкая износостойкость и повышенное пылеотделение.

Низкая износостойкость возникает преимущественно вследствие недостаточной прочности бетона, в особенности его поверхности, и проявляется в повышенной истираемости (пылеотделении), а иногда даже в обнажении зёрен крупного заполнителя.



Данный процесс носит прогрессирующий во времени характер и, если своевременно не принять необходимых мер, последующая эксплуатация пола может стать невозможной. Причинами, снижающими поверхностную прочность бетона, являются:

1. Применение бетона, несоответствующего требуемым проектом характеристикам, в том числе:

– использование бетонной смеси с чрезмерно высоким водоцементным соотношением, приводящим к ее расслоению при укладке в конструкцию (перемещение в нижнюю часть сечения плиты более тяжелого крупного заполнителя и вытеснение в верхнюю часть сечения плиты более легкой пескоцементной составляющей бетона). В процессе расслоения бетонной смеси вблизи поверхности образуется переобогащенный водой слой цементного «молока» с недопустимо высоким водоцементным соотношением.

В дальнейшем, при твердении бетона происходит испарение с поверхности избыточной влаги в окружающую среду, сопровождающееся охлаждением и выравниванием давлений, при этом в поверхностном, весьма проницаемом для жидкой фазы слое в процессе фильтрации происходит образование направленных капилляров, имеющих наибольшее разветвление у поверхности. После завершения твердения бетона поверхность представляет из себя пористую структуру, которая является причиной снижения прочности бетона и ухудшения показателей стойкости поверхности к истиранию. Применение сухих цементосодержащих упрочняющих смесей, твердеющих за счет влаги, поглощаемой с поверхности уложенного бетона, в определенной степени снижает водоцементное отношение поверхностного слоя, однако при чрезмерном избытке воды их твердение все же будет аналогично происходить в условиях недопустимо высокого водоцементного соотношения, сводящего на нет все положительные стороны их применения.

– применение загрязнённых заполнителей, в том числе с повышенным содержанием глинистых частиц. Такие частицы выносятся на поверхность, где их содержание становится критическим для ее качества. Примеси не обладают необходимой прочностью, практически не реагируют с вяжущим, меняют свой объём при изменении влажности и служат причиной микроразрушений тела бетона, являясь лишним концентратом напряжений.

– применение бетона с воздухововлекающими или пластифицирующими добавками с эффектом воздухововлечения. При введении в бетон указанных добавок меняются его планируемые свойства и структура материала. Избыточное количество вовлеченного воздуха в поверхностном слое приводит к характерным отслоениям и повышенному пылеотделению за счёт высокой пористости поверхности. На сегодняшний день отсутствуют точные методы прогнозирования изменения свойств бетона с ука-

занными добавками в зависимости от времени транспортировки бетонной смеси от производителя к потребителю (точные методы существуют только для случаев изготовления железобетонных конструкций в заводских условиях). Непредсказуемость свойств получаемого бетона при применении указанных добавок исключает возможность его применения в такой ответственной тонкостенной конструкции, как полы.

2. Технологические ошибки при строительстве в том числе: – избыточное вибрирование бетонной смеси, приводящее к ее расслоению.

Данная ошибка характерна для персонала с недостаточным опытом, чаще при совместном использовании глубинных вибраторов и виброреек. При условии рациональной продолжительности виброобработки для плит пола толщиной менее 150мм достаточно применить только поверхностный вибратор, а при большей толщине – только глубинный. Это обеспечит достаточную прочность конструкции и гарантирует наилучшие по водоцементному соотношению показатели наиболее важного для пола слоя – поверхностного. При применении высокоподвижных литых бетонных смесей, модифицированных специальными добавками, вибрирование вообще не требуется. Следует учесть, что требуемая современными нормами ровность поверхности обеспечивается не столько вибрированием, сколько целым комплексом технических решений и технологических операций.

- преждевременные механизированные затирка и заглаживание, приводящие к образованию излишней влаги на бетонной поверхности;
- «омолаживание» бетона (увлажнение поверхности водой) для возможности механической обработки его поверхности бетона (вынужденные ошибками в планировании сроков работ нарушение технологии, характерное для ряда случаев – работа на солнцепеке, при сильных ветрах и сквозняках);
- отсутствие или недостаточность мероприятий по уходу за твердеющим бетоном. Как показывает практика, проведённые исследования и данные фирм-производителей жидких плёнкообразующих материалов, их использование, за исключением некоторых случаев, является недостаточным для поддержания оптимальных влажностных условий в процессе протекания твердения бетона вследствие их недостаточной изолирующей способности. С определенного момента от начала твердения необходимо дополнительно увлажнять поверхность и укрывать ее полимерными мембранами, что обеспечит набор проектной прочности бетоном поверхностного слоя, быстро теряющего необходимую влагу.
- использование в период строительства и при эксплуатации в холодное время отопительных приборов с открытыми нагревательными элементами при отсутствии действующих вентиляционных

систем. Открытые высокотемпературные нагревательные элементы сжигают кислород и приводят к длительному высокому содержанию в воздухе углекислоты, что приводит к прогрессированию процессов карбонизации, снижающих прочность поверхностного слоя бетона.

Закончив рассмотрение этой определяющей для надежности складского бизнеса темы, можно осознать всю важность изначального, на стадии строительства, предупреждения будущих проблем.

Задача заказчика максимально внимательно отнестись к анализу и выбору предлагаемых проектировщиками конструктивных решений пола, предлагаемых подрядчиками технологий строительства; при проведении тендера на выполнение работ рекомендуется тщательно проверять соответствие заявляемых и реальных возможностей кандидата-подрядчика исполнить работы, учитывая его техническую вооруженность, опытность рабочего персонала, общую слаженность команды, показатели организационной надежности строительного производства; важнейшее значение имеет подтверждение кандидатом-подрядчиком факта успешного строительства зданий подобного назначения, в которых отсутствует появление дефектов в течение нескольких лет.

Качественные промышленные полы наиболее экономичны, несмотря на стоимость выше средней, так как обеспечивают заказчику максимальную интенсивность работы склада, отсутствие в течение длительного периода необходимости затрат на текущие ремонты, предотвращают преждевременный износ подъемно-транспортного оборудования и снижают риск аварийной остановки производства.

Учитывая вышеуказанное, следует доверять устройству полов, соответствующих высоким современным требованиям по ровности и износостойкости и обеспечивающих долговременную безремонтную эксплуатацию, только тем фирмам, у которых отработаны вопросы проектирования и создания качественных конструкций полов. Основным критерием выбора подрядчика должен быть его успешный опыт устройства полов на аналогичных объектах. Каждый создаваемый объект уникален и несет в себе массу индивидуальных нюансов, и только профессионалы видят тему целиком, знают где, когда и какие могут возникнуть проблемы и неожиданности, и предупреждают их возникновение заранее, не превращая строительство в эксперимент. Только знания и опыт гарантируют качество, минимизируют стоимость и продолжительность строительства.

*Александр ГОРБ,
директор ЗАО «СК Конкрет Инжиниринг»,
член Международного союза экспертов
по строительным материалам, системам
и конструкциям RILEM, Британской
Ассоциации Бетона MCS и Американского
Института бетона ACI*