

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ БЕТОННЫЕ ПОЛЫ: ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Продолжение. Начало в №3(73), 2009 г.

**П**редусмотренная современными строительными технологиями дневная производительность работ до 5 тыс. кв. м требует организации в полу различных типов швов как по технологическим причинам, так и для ограничения величин температурно-усадочных напряжений и деформаций, которые в гипотетическом случае применения чисто бетонной конструкции достигают неприемлемых величин. До сих пор не проработаны вопросы принципов расчета и конструирования таких швов, расстояний между ними и их влияние на конструкцию пола в целом.

**Основным нормативным документом для проектирования полов, на сегодняшний день, является СНиП 2.03.13-88 «Полы», разработанный ЦНИИПромзданий, в котором определены основные правила и нормы проектирования. Для практического использования разработаны всевозможные рекомендации и приложения к этому документу, в том числе: «Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта» (в развитие СНиП 2.03.13-88 «Полы») и Рекомендации по расчету бетонных подстилающих слоев промышленных зданий с учетом экономической ответственности. (ЦНИИПромзданий, 1987 г.).**

Отсутствие в действующих нормах указаний по решению вышеизложенных задач в большинстве случаев приводит к необоснованному и ошибочному принятию проектных решений. Учитывая возросшие требования к качеству и надежности современных полов, такая ситуация недопустима.

Рассмотрение вопросов проектирования полов в зданиях производственно-складского назначения весьма актуально по причине, как уже отмечалось ранее, существенного увеличения объемов строительства таких зданий на территории Российской Федерации. При этом до сих пор у инженера-проектировщика отсутствует простой и ясный инструмент для расчета полов, и решения часто выбираются «по аналогии», без учета всех особенностей, присущих данному типу конструкции и конкретному объекту. Экономичность и надежность проектных решений зависят от качества расчетного аппарата, который, к сожалению, не соответствует современным требованиям.

Предлагаемые методы расчетов основаны на указаниях действующих норматив-

ных документов, учитывают технические и технологические требования, предъявляемые к современным промышленным полам поставщиками подъемно-транспортного и технологического оборудования, и базируются на решениях теории упругости для бесконечной гибкой плиты, лежащей на упругом винклеровском основании.

Предлагаемые новые конструктивные решения учитывают возросшие требования к полам при строительстве новых и реконструкции существующих складских зданий, предложения по использованию современных строительных технологий, возможные конструктивные, экономические, сырьевые и т. п. ограничения на конкретном объекте и фактически требуемую степень экономической ответственности.

Разработанные проектные и технологические решения могут быть рекомендованы проектным и строительным организациям для массового применения при возведении и реконструкции полов в зданиях современных складов.

Устройство промышленных полов из цементобетона является одним из основных направлений в изготовлении промышленных покрытий и не случайно получило широкое распространение во всем мире. Возрастающие требования, предъявляемые к современным промышленным объектам, обуславливают необходимость проектирования и устройства полов с повышенной прочностью и износостойкостью.

Действующими строительными нормами допускается устройство плит полов, в том числе и из неармированного бетона. Такие конструкции имеют определенные преимущества перед полами других типов: у них высокая прочность и долговечность, устойчивость к воздействиям различных эксплуатационных нагрузок, беспыльность и достаточная водонепроницаемость, возможность использования местных строительных материалов, возможность производства работ механизированным способом с использованием прогрессивных технологий и поточным методом, а также сравнительно низкие эксплуатационные расходы.

Однако низкая стойкость основного материала (бетона) к воздействию растягивающих усилий обуславливает его невысокую сопротивляемость температурно-усадочным напряжениям, которые могут развивать критические напряжения, особенно опасные в начальный период твердения бетона. Эти особенности конструкций бетонных полов требуют проведения специальных меропр-

ятий, уменьшающих влияние отрицательных свойств неармированного бетона, в том числе их армирование и устройство различных типов швов и прослоек.

В части предварительного созревания бетона и набора первоначальной прочности в качестве компенсатора образования трещин, а также в качестве добавки к цементобетону рекомендуется использовать полипропиленовую фибру. Это низкомолекулярное волокно позволяет заметно сократить образование усадочных трещин в теле и на поверхности бетона, но не способно нести конструкционные нагрузки. В нормах по сооружению покрытий промышленных полов фактически не регламентировано применение такой фибры.

Конструкции промышленных полов предусматривают несколько конструктивных слоев, выполняющих разные назначения. При этом различают верхний (бетонный) слой (слои) и нижний — грунтовое основание (искусственное и естественное).

Верхний слой непосредственно воспринимает статические, динамические и вибрационные нагрузки от опор стоек стеллажей, технологического оборудования, временных и стационарных построек, колес подъемно-транспортного оборудования, а также подвергается воздействию температурных, ударных, а иногда и химических воздействий. Он наиболее прочен и устойчив. Часто для повышения стойкости поверхности пола к восприятию химических, абразивных и т. п. эксплуатационных нагрузок и воздействий предусматривается устройство дополнительных конструктивных слоев, воспринимающих такие воздействия.

В зависимости от способа армирования верхние слои пола подразделяются на бетонные, армобетонные, железобетонные и фибробетонные.

Искусственное основание — несущая часть конструкции, устраиваемая как правило из местного материала — обеспечивает совместно с верхним слоем передачу усилий на естественное грунтовое основание. В состав искусственного основания могут входить слои из щебня, гравия, песка и других местных материалов, обладающих соответствующей прочностью.

Естественное грунтовое основание — подстилающие материковые грунты, воспринимающие нагрузки, передаваемые через верхний слой и искусственное основание.

При усадке, изменении температуры и влажности в монолитных полах возникают растягивающие напряжения, вы-

зывающие их трещинообразование. Для снижения этих напряжений и предотвращения растрескивания монолитные бетонные полы разделяют на отдельные плиты (карты) продольными и поперечными швами (как правило прямоугольной формы). Швы устраивают по типу сжатия или расширения.

Швы сжатия дают возможность плитам сокращать свои размеры, т. е. сжиматься при усадке бетона в процессе его твердения и при понижении температуры.

Швы расширения представляют собой зазоры между соседними плитами, ширина которых обеспечивает свободу перемещения плит при их расширении вследствие повышения температуры, при увеличении влажности бетона или при необходимости изолирования конструкции плиты пола от несущих элементов здания. По типу швов сжатия устраивают продольные и поперечные швы. Швы расширения также применяют в местах изменения толщин примыкающих участков плит полов в процессе укладки бетона.

Ранее швы расширения устраивали как правило с шагом 12–24 м. Однако в последние годы от их устройства отказались, так как они существенно влияют на долговечность полов (вблизи таких швов) при их интенсивной эксплуатации и не выполняют своих функций. Необходимость устройства швов расширения должна быть соответствующим образом обоснована.

Чтобы уменьшить влияние швов сжатия и расширения на несущую способность плиты пола, в них предусматривают различные стыковые соединения для распределения нагрузок, находящихся у шва, на соседние плиты или усиление краевых участков плит дополнительной стержневой арматурой. К стыковым соединениям предъявляют два основных требования: они должны допускать горизонтальное перемещение плит при температурно-усадочных деформациях и не допускать взаимных вертикальных поперечных смещений смежных плит при воздействии эксплуатационных нагрузок, то есть обеспечивать передачу части нагрузки с одной плиты на другую. Во всех швах чаще всего предусматривают стыковые соединения как правило это штыревые, шпунтовые или ромбовидные соединения из металлических пластин. Относительно недавно расчет таких соединений производился исходя из шарнирного соединения смежных плит. Однако последние исследования доказали обоснованность применения в расчетах плит на упругом основании расчетной схемы шарнирно-подвижного соединения.

Искусственные основания под полы выполняются с лабораторным контролем их уплотнения. При устройстве искусственных оснований из крупнозернистых материалов, укладываемых непосредственно

на глинистые, суглинистые и пылеватые грунты, должна быть предусмотрена изолирующая прослойка, исключая проникание грунта при его уплотнении в слой крупнозернистого материала. Прослойку как правило устраивают из геотекстильных материалов.

При устройстве полов в неотопляемых помещениях или на открытых площадках, на участках с грунтами, подверженными пучению, необходимо учитывать эти особенности. Предотвращению пучения грунтов могут способствовать следующие мероприятия: необходимое возвышение отметки чистого пола над уровнем подземных вод, использование в промерзающем слое грунтов, не подверженных вспучиванию (песка, гравия, щебня), а также снижение глубины промерзания посредством устройства теплоизолирующих прослоек. В качестве таких материалов используется либо пенополистирол, не отличающийся в подобных условиях большой долговечностью, или его «старший брат» - экструдированный пенополистирол, обладающий гораздо большей прочностью и долговечностью.

Основными материалами для устройства полов являются бетон и арматура (стержневая и фибровая). Бетон при этом является основой, т.к. его свойства в значительной мере определяют долговечность полов. Особенности эксплуатации промышленных полов, которые необходимо учитывать при назначении состава бетона, являются: многократно повторяющиеся интенсивные динамические нагрузки, ударные и температурные воздействия, а также повышенные требования к истираемости поверхности. Сложные условия работы бетона в конструкциях промышленных полов обуславливают ряд требований к нему. Бетон должен иметь высокую механическую прочность, плотность и, при определенных условиях, обладать достаточной морозостойкостью и водонепроницаемостью. В качестве вяжущего, в силу ряда причин (это отдельная обширная тема), следует использовать бездобавочный портландцемент. Для уменьшения усадки в процессе твердения необходимо при подборе состава бетона стремиться к снижению количества вяжущего путем использования высокомарочного высокомодульного цемента высокого качества, использования в качестве мелко-заполнителя крупных песков применения прочных крупных заполнителей, а также надо стараться снижать водоцементное отношение. Для повышения пластичности и улучшения свойств бетонной смеси допустимо использование пластифицирующих добавок. Содержание растворной части в бетоне должно быть оптимальным для проведения работ по чистовой обработке бетона в условиях конкретной строительной площадки. Время схватывания бетона должно быть определено: бетон не должен под-

вергаться замедленному схватыванию, не должен иметь разность во времени схватывания или проблем с образованием поверхностной «корки» из-за свойств конкретных добавок и температурно-влажностных условий, существующих на строительной площадке. Некоторые виды пластифицирующих добавок могут создавать подобные явления, особенно при их чрезмерном содержании в бетонной смеси. Особо тщательно необходимо контролировать наличие и процентное содержание примесей в заполнителях; их количество, при необходимости, должно быть сведено к минимуму.

Для устройства полов применяется тяжелый бетон, отвечающий требованиям ГОСТ 25192-82 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» и ГОСТ 26633-85 «Бетон тяжелый. Технические условия» и имеющий минимальную прочность на сжатие, соответствующую классу В 22,5.

Для армирования монолитных армированных плит полов используется стержневая и фибровая арматура в соответствии с требованиями СП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения» и СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции».

В качестве стержневой арматуры применяют обыкновенную арматурную проволоку классов Вр-1 (в сварных сетках) или арматурную сталь периодического профиля классов А400С и А500С. В качестве монтажной и конструктивной арматуры, а также для элементов стыковых соединений используют горячекатаную арматурную сталь класса А-I.

Для фибрового армирования используется стальная фибра, фрезерованная из слябов, выпускаемая по ТУ 0882-193-46854090, резаная из стального листа, выпускаемая по ТУ 0991-123-53832025, и рубленая из проволоки, выпускаемая по ТУ 1211-205-46854090.

Для дальнейшего совершенствования существующих методов расчета конструкций промышленных полов были проведены соответствующие теоретические исследования, в результате которых получены основные расчетные формулы и зависимости. Рациональность их и достоверность основаны на решении задач теории упругости и подтверждены многолетней безупречной эксплуатацией сооруженных полов.

Надеемся, что изложенный материал заинтересует всех, кто не равнодушен к данной, действительно актуальной, тематике.

**А. М. ГОРЬ, член Международного союза экспертов по строительным материалам, системами конструкций RILEM, Американского института бетона ACI, Британской ассоциации бетона (CS); И. А. ВОЙЛОКОВ, доцент кафедры ТОЭС СПб ГПУ**