ПРОМЫШЛЕННЫЕ БЕТОННЫЕ ПОЛЫ: ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Растущие потребности рынка обусловливают необходимость увеличения объемов строительства зданий производственно-складского назначения. Объемы строительства подобных сооружений на сегодняшний день превышают 5 млн. кв. м. в год, из которых большая часть приходится на складские здания и многофункциональные логистические комплексы. Стремление инвесторов использовать возводимые площади с максимальной эффективностью, учитывая высокую стоимость земельных участков под строительство, привело к соответствующему развитию складских технологий, позволяющих обеспечить значительные объемы хранения и скорость обработки грузов. Вместе с тем значительно возросли нагрузки и воздействия на полы, а также повысились технические требования к ним. Однако проектирование таких полов не в достаточной мере обеспечено соответствующими нормативами.

Действующие СНиП 2.03.13-88 «Полы», рекомендации и приложения к нему предусматривают проектирование только бетонных полов без указания методов расчета в случае их армирования. Также в них не совсем корректно указан способ назначения коэффициентов жесткости грунтового основания; рекомендуемый табличный метод определения коэффициентов постели не учитывает возросшие нагрузки и серьезно устарел.

Существующие методы расчетов промышленных полов не учитывают возникающие усилия при их нагрузке вблизи швов, не освещают вопросов проектирования многослойных плит, не предусматривают способов расчетов в случае усиления существующих полов с целью повышения их несущей способности, также отсутствуют рекомендации по динамическим расчетам.

Проектная практика и анализ технического состояния эксплуатируемых полов показали ограниченность области применения существующих норм. Произвольно используемые проектными организациями модели и методы расчетов зачастую приводят к ошибочным решениям, неоправданным в процессе строительства и эксплуатации затратам, а также к многочисленным дефектам в готовой конструкции.

Можно констатировать, что действующие нормативы не позволяют получить обоснованные конструктивные решения и нуждаются в существенной корректировке.

В данной статье изложено общее состояние существующей нормативной базы, обоснована необходимость ее совершенствования, а также приводятся краткие сведения о типах существующих конструкций полов.

При проектировании зданий и сооружений, и конструкций полов в частности, необходимым условием является учет требований действующих строительных норм и правил. **Основным нормативным документом для проектирования полов на сегодняшний день являются СНиП 2.03.13-88 «Полы»**, разработанные ЦНИИПромзданий, в которых 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 (ЦНИИ Промзданий, 1987 г.)**. Указанные нормативы содержат необходимый расчетный аппарат для оценки несущей способности и эксплуатационной надежности бетонных полов. Однако рассматриваемые методики практически «транслированы» из принятых ранее норм, в 1971 г., (СНиП II-В.8-71 «Полы. Нормы проектирования») без существенных изменений. К сожалению, использование в современных условиях действующих нормативных документов не обеспечивает в должной степени принятие обоснованных проектных решений.

Объемы строительства складских зданий в последнее десятилетие существенно возросли. Стремление инвесторов использовать складские площади с максимальной эффективностью привело к соответствующему развитию складских технологий, позволяющих обеспечить значительный рост объемов хранения и скорости обработки грузов.

Во-первых, это привело к появлению новых типов тяжеловесного (до 14 т) подъемно-транспортного оборудования (ПТО) с относительно большим удельным давлением (до 100 кг/кв. см) на поверхность пола без амортизирующих устройств. Существенно возросли скорости его перемещения, что в итоге вызывает необходимость учета усталостных напряжений в материале плиты, коэффициента динамичности как функции соотношения частот собственных и вынужденных колебаний, а также фактора накопления остаточных прогибов в подстилающем основании, особенно вблизи швов.

Во-вторых, современная ситуация привела к появлению принципиально новых типов многоярусных (в том числе т. н. узкопроходных) систем хранения грузов, основывающихся на использовании специальных конструктивных решений стеллажных систем, стойки которых передают на пол нагрузку до 25 т через опорные части незначительного размера (около 2 х 10 х 10 см). В ряде случаев стойки стеллажей играют роль несущего каркаса здания, то есть функциональное назначение стеллажей в этом случае существенно расширяется (с вытекающими отсюда последствиями).

Несмотря на возросшие в последние годы нагрузки на полы, в действующих нормах дается указание на использование в качестве несущей плиты пола конструкции из неармированного бетона, что является неприемлемым по техническим и экономическим причинам.

В-третьих, физико-механические свойства грунтов основания, на которых устраиваются полы, как правило оставляют желать лучшего. При этом часто по техническим и экономическим причинам не представляется возможным произвести мероприятия по повышению несущей способности основания путем устройства свайных фундаментов или замены грунтов с неудовлетворительными свойствами на приемлемые (с точки зрения деформативных свойств). Использование слабых грунтов в качестве основания под полы возможно, если корректно учесть свойства таких грунтов и производить расчет по двум предельным состояниям: по допустимой прочности подстилающего грунта с учетом пластических деформаций сдвига и по деформациям, учитывающим компоненты перемещений, при расчете перерезывающих усилий и изгибающих моментов в плите пола. В случае неудовлетворения заданным условиям повышение несущей способности грунтового основания возможно, в том числе, путем использования различных типов армирующих прослоек. Вместе с тем в действующих нормативах отсутствует корректный способ расчета и конструирования подстилающих слоев, а также обоснованный с точки зрения теории метод определения коэффициентов постели однослойных и многослойных оснований.

Разработанные в 1988г. ЦНИИПромзданий СНиП 2.03.13-88 «Полы» следующим образом описывают область их применения: данные СНиП «...распространяются на правила проектирования и устройства полов производственных, жилых, общественных, административных, бытовых, животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий». Как ни парадоксально, указание о возможности применения данного документа для зданий складского назначения отсутствует. При этом известно, что в производственных зданиях полы, как правило, не испытывают значительных нагрузок, все тяжелое оборудование размещается на отдельно стоящих фундаментах.

Еще в августе 1977 г. в статье Ю. Т. Чернова (ЦНИИСК им. Кучеренко) и С. А. Шимановича (ЦНИИПромзданий) «Железобетонные подстилающие слои для полов промышленных зданий», опубликованной в журнале «Промышленное строительство», была обоснована необходимость перехода от бетонных к железобетонным подстилающим слоям полов промышленных зданий в связи с ростом действующих на полы нагрузок, обусловленных технологическими процессами на предприятиях металлургической и автомобильной промышленности. Отмечено, что устройство бетонных подстилающих слоев становится неэффективным из-за резкого увеличения их толщин, а в некоторых случаях оно даже невозможно по условиям прочности. Например, при нагрузке на пол до 50 кН/кв. м и движении напольного транспорта максимальной грузоподъемностью до 200 кН применяются бетонные подстилающие слои толщиной до 200 мм. При увеличении нагрузки на пол до 100 кН/кв. м толщина бетонного подстилающего слоя увеличивается до 550 мм, стоимость его возрастает в 1,5 – 3 раза, а трудоемкость в 2 – 3 раза.

Вместе с тем по сей день действующие нормативы не предусматривают методику расчета армированных подстилающих слоев для полов промышленных зданий. В настоящее время, учитывая еще более возросшие нагрузки, актуальность этой проблемы стала еще больше.

В современной практике устройства промышленных полов широкое применение получает фибробетон. Объемное содержание стальной фибры в таких конструкциях, как правило, ниже минимально необходимого уровня (объемное содержание не превышает 20 – 40 кг/куб. м). Корректно выполнить расчет при таких условиях, в соответствии с действующим СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции», не представляется возможным, т. к. указание п. 8.3.7 данного СП предусматривает более высокий процент армирования. Однако стоит заметить, что данные указания обоснованы при расчете статически определимых систем (свободно опертых балок и плит). Плиты полов, если учитывать реакцию грунтового основания, являются статически неопределимыми системами, и в этом случае способность дисперсно-армированных конструкций перераспределять усилия позволяет эффективно использовать фибробетон для устройства полов при значительно меньших дозировках. При этом введение в бетонную смесь стальных фибр существенно увеличивает величину работы разрушения, ударную вязкость и снижает усадку, что весьма важно для обеспечения эксплуатационной надежности конструкции пола. При проектировании промышленных полов эти обстоятельства необходимо учитывать. Зарубежные нормы (Англия, Германия, США, Япония) позволяют рассчитать конструкцию пола с учетом степени армирования стальной фиброй ниже минимального уровня, например, с использованием теории линий разрушений, но действующие отечественные нормы, к сожалению, такую ситуацию не рассматривают.

Общепризнано, что предусмотренные действующими нормативными документами конструктивные решения, предполагающие устройство тонких (15 – 50 мм) финишных слоев (стяжек) из неармированного бетона поверх устраиваемого бетонного подстилающего слоя, технически и экономически не оправданы, поскольку в этом случае не учитываются различные технологические и экономические аспекты. Низкая сопротивляемость неармированного бетона растягивающим усилиям, возможность его преждевременного разрушения при воздействии динамических, вибрационных, температурных и ударных нагрузках и воздействиях не позволяют изготавливать выравнивающие слои без армирования. Использование стержневой арматуры в виде сварных или вязаных сеток в таких случаях не представляется возможным ввиду технической невозможности ее размещения в бетонном слое с учетом соблюдения нормативных значений защитных слоев. Улучшение прочности бетона путем увеличения расхода цемента приводит к повышенной усадке и развитию трещин, введение различных пластифицирующих добавок, снижающих водоцементное отношение, либо применение цементов с компенсированной усадкой в большинстве случаев исключают применение сухих упрочняющих смесей, содержащих модификаторы и специальные цементы, не всегда совместимые с применяемыми добавками в обычных бетонных смесях. Кроме этого, существенно возрастают трудозатраты и повышается себестоимость строительства.

Исходя из сказанного, необходимо отметить принципиальную нецелесообразность применения конструкций полов по такой «двухстадийной» схеме. Тем не менее изготовление финишных слоев из фибробетона вполне оправдано, учитывая плоскопроизвольную ориентацию фибр в таких слоях. Применение слоев износа из фибробетона значительно повышает долговечность полов, при этом особенно необходимо отметить повышение стойкости к механическим повреждениям кромок швов, снижение линейной усадки и поверхностного трещинообразования. Особенно эффективным при этом является применение мелкозернистых и пескобетонов с комбинированным армированием различными видами волокон, включая низкомодульные. Несмотря на это в проектной практике можно встретить не совсем экономически оправданные решения устройства выравнивающих.

Также в нормах не представлен метод расчета двухслойных конструкций бетонных полов, что на сегодняшний день крайне востребовано при реконструкции существующих ранее сооруженных полов и актуально для увеличения их несущей способности, а также при невозможности по различным причинам устраивать полы в виде однослойной плиты. Существующий метод рассматривает двухслойную конструкцию, состоящую из «нижнего» бетонного подстилающего слоя и слоя «покрытия» с «нулевой» жесткостью. К сожалению, даже указанный метод содержит неточности в части характера распределения и передачи нагрузки на нижележащую плиту.

Нет рекомендаций по расчету участков (зон) плит полов вблизи швов. Отсутствие учета нагрузок, приложенных на краях и углах плит, приводит к искажению результатов расчетов и не позволяет обеспечить несущую способность плиты в этих зонах.

Не приведены указания по расчету эквивалентного коэффициента постели многослойного основания, что особенно важно в случае наличия в составе сжимаемой толщи просадочных и слабых водонасыщенных грунтов. Табличный метод назначения коэффициентов постели является некорректным, поскольку он не отражает реалий и давно устарел. Не нормированы требования к подготовке грунтового основания и подстилающих слоев. Не разработаны методы диагностики полов и способы устранения дефектов.

Предусмотренная 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.

Отсутствие в действующих нормах указаний по решению вышеуказанных 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 нормативных 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, обусловливают 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 обусловливает 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 мероприятий, 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 низкомодульное 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, вызывающие 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.

Продолжение следует

А. М. ГОРБ, член Международного союза экспертов по строительным материалам, системам и конструкциям RILEM, Американского института бетона ACI, Британской ассоциации бетона (CS);
И. А. ВОЙЛОКОВ, доцент кафедры ТОЭС СПб ГПУ;
Ф. Н. РАБИНОВИЧ, к. т. н., старший научный сотрудник, руководитель сектора«Конструкции из композитных материалов», ЦНИИПромзданий, Москва

ПРОМЫШЛЕННЫЕ БЕТОННЫЕ ПОЛЫ: ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Продолжение. Начало в №3(73), 2009 г.

Предусмотренная 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 нормативных 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, обусловливают 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 обусловливает 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 мероприятий, 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 низкомодульное 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 выполняют 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, исключающая проникание грунта при его уплотнении в слой крупнозернистого материала. Прослойку как правило устраивают из геотекстильных материалов.

При устройстве полов в неотапливаемых 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. Особенностями 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 обусловливают 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 мелкого 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 подвергаться 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. ГОРБ, член Международного союза экспертовпо строительным материалам, системам конструкциям RILEM, Американского института бетона ACI, Британской ассоциации бетона (CS);
И. А. ВОЙЛОКОВ, доцент кафедры ТОЭС СПб ГПУ;