

ПРОМЫШЛЕННЫЕ БЕТОННЫЕ ПОЛЫ: ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Растущие потребности рынка обуславливают 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 стои-

мость 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 ЦНИИПром-**

зданий, 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-V.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 x 10 x 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 подстила-

ющих 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, жилищно-коммунальных, 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 минимального 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 плоскостно-произвольную 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 низко модульные. 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.

А. М. ГОРЬ, 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