

## О некоторых ошибках при проектировании и устройстве бетонных полов в зданиях производственно-складского назначения

*Доцент И.А. Войлоков\*,  
ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;  
генеральный директор А.М. Горб,  
ООО «Конкрит инжиниринг»*

Объёмы строительства зданий производственно-складского назначения на сегодняшний день весьма велики. Также велики и объёмы возводимых промышленных полов в этих зданиях, речь идет о миллионах квадратных метров в год. Стремление инвесторов использовать возводимые площади с максимальной эффективностью привело к развитию соответствующих технологий производства, складирования и логистики, позволяющих обеспечить эффективное использование площадей возводимых объектов. Вместе с тем, значительно возросли нагрузки на полы и повысились технические требования к ним.

Условия, в которых эксплуатируются полы, весьма разнообразны, они определяются воздействиями, характерными для данного типа промышленного здания и сооружения. Характер условий эксплуатации вызывает необходимость учитывать различные воздействия, которым подвергаются промышленные полы. Среди многообразия нагрузок и воздействий следует выделить вибрационные, абразивные, динамические и химические нагрузки, а также температурные воздействия. Особо необходимо отметить достаточно высокие удельные давления от опорных частей технологического оборудования и применение в ряде случаев тяжёлого подъемно-транспортного оборудования (ПТО), эксплуатирующегося с достаточно высокой интенсивностью. Кроме этого, возрастающие объёмы строительства низкотемпературных складов-холодильников обуславливают необходимость в этих случаях учитывать воздействия низких температур в сочетании с высокими значениями механических нагрузок и воздействий. Особенностью проектирования и строительства полов на таких объектах являются повышенные требования, предъявляемые к эксплуатационной надёжности и долговечности полов, ввиду отсутствия реальных технических возможностей выведения пола из эксплуатации для выполнения ремонта, недопустимости создания аварийных ситуаций при использовании ПТО, а также отсутствия экономичных и высокоскоростных технологий восстановительного ремонта.

В некоторых случаях, устраиваемые полы должны удовлетворять особым требованиям по ровности, гигиеничности, пылеотделению, искрообразованию и антистатичности, что требует устройства специальных защитных слоёв и применения современных материалов и технологий.

Произведённые обследования эксплуатируемых объектов показали, что при всех предпринимаемых усилиях со стороны строителей и проектировщиков в процессе эксплуатации пола возникают различные дефекты, основными из которых являются: разрушение кромок швов, отслоение поверхностного слоя, недостаточная ровность, разрушение поверхности от воздействия химических агентов, повышенная истираемость поверхности, а также трещины, как сквозные (структурные), вызывающие недопустимые вертикальные деформации поверхности и изменение расчётной схемы несущей плиты, так и поверхностные, незначительно влияющие на эксплуатационные характеристики пола в целом.

Данная ситуация отражает недостаток у значительного числа строителей и проектировщиков необходимых знаний и опыта, несовершенство нормативной базы, а также показывает, насколько сложна и многогранна задача создания надёжных, долговечных и бездефектных полов.

Объём материала, который необходим для освещения данной темы, весьма значителен. К сожалению, рамки данной статьи не позволяют представить детальные рекомендации, повышающие долговечность полов, так как многие параметры носят случайный характер, и их описание возможно только с использованием достаточно громоздких вероятностных методов. Однако наиболее значимые и концептуальные аспекты данной проблемы можно отразить в рамках данной статьи, поскольку их знание заставит многих более уважительно и настороженно относиться к упрощенческим мнениям и подходам при проектировании и устройстве промышленных полов.

Итак, первое, что хотелось бы отметить, это отсутствие достаточной нормативной базы, соответствующей текущим высоким требованиям к качеству строительной продукции. Это зачастую приводит к вольной трактовке правил проектирования полов, с точки зрения как выбора модели работы грунтового основания, расчетного аппарата, так и типологии принимаемых конструктивных решений. Кратко можно констатировать, что достижение современных требований к эксплуатационным параметрам создаваемого пола невозможно при текущем состоянии нормативной базы. Но даже существующие, безусловно, важные нормативные требования нередко игнорируются.

Рассмотрим перечень основных моментов, не учитываемых по незнанию или пренебрежению на всех этапах проектирования и строительства.

Ряд дефектов пола вызван ошибочными решениями на разных стадиях и этапах создания промышленного пола, а также выбором ошибочных путей экономии, что также будет здесь рассмотрено.

Перечень освещаемых в данной статье типичных ошибок при проектировании, строительстве и эксплуатации полов следующие:

- ошибки на стадии разработки логистической концепции;
- ошибки на стадии составления технического задания;
- ошибки на стадии технического обследования существующего основания;
- недостатки существующей нормативной базы, влияющие на качество проектных решений;
- ошибки на стадии проектирования;
- ошибки на стадии строительства;
- ошибки на стадии эксплуатации.

Рассмотрим подробнее данные аспекты.

### *Ошибки на стадии разработки логистической концепции*

- Отсутствие комплексного подхода, учета всей совокупности влияющих факторов при проработке вариантов бетонного пола (недооценка влияния концептуальных логистических решений на стоимость конструкции промышленного пола): конструкции каркаса здания, типа стеллажного хранения, типов применяемого подъемно-транспортного оборудования.
- Недооценка значимости достоверности исходных данных для стоимости работ и долговечности конструкции (проработка геологии, нагрузок, типов планируемого стеллажного хранения и ПТО).

### *Ошибки на стадии составления технического задания на проектирование*

- Заказчик не предоставляет или предоставляет недостоверные данные о величине статических и динамических нагрузок (отсутствие схем точек приложения и размеров следов опирания нагрузок; попытки обойтись данными о равномерно-распределенных нагрузках).
- Не учитывается перспективная возможность возрастания нагрузок (аварийного, периодического и перманентного) в процессе эксплуатации и возрастания величины абразивных воздействий при смене типа ПТО, а также подъема уровня грунтовых вод (аварийное из водопроводных систем и паводковое подтапливание).
- Формальный подход при проведении обследования подстилающих грунтов, не отражающий реальные свойства существующего основания (отсутствие достоверных данных по перечню безусловно необходимых расчетных величин).
- Не учитываются предполагаемые в период эксплуатации воздействия: абразивные, химические, ударные, вибрационные, температурные (в том числе знакопеременные).
- Не учитываются температурно-влажностные условия конкретной строительной площадки на момент устройства пола (протекание усадочных процессов).

### *Ошибки на стадии обследования существующего основания*

- Обследование основания только недостаточно информативным штамповым методом вместо проведения более полноценных изысканий (определение физико-механических характеристик грунта и степени плотности его слоёв методами режущего кольца и зондирования, с учетом компрессионной работы подстилающего грунта - одноосное сжатие).
- Неправильное определение предполагаемой на моменты строительства и эксплуатации степени водонасыщенности основания (ухудшение несущих свойств некоторых грунтов с её ростом).
- Формальный подход к определению прочностных характеристик существующих грунтового и бетонного оснований при реконструкции существующего пола (устройство новых бетонных слоев) – назначение параметров слоя усиления без проведения инструментальных исследований («со слов» заказчика) или на основании недостаточного количества мест обследования.

## Недостатки существующей нормативной базы, влияющие на качество проектных решений

- Нормативные указания по расчету полов не содержат следующие важные решения (проблемы решены только для фундаментных плит и жестких покрытий дорог и аэродромов):
  - по правилам применения армирующих прослоек грунтового основания;
  - по особенностям строительства на слабых, просадочных и насыпных грунтах;
  - по учёту консолидации грунтов нагруженного основания;
  - по расчету грунтов по 2-му предельному состоянию — расчет по сдвигу и по начальной критической нагрузке (в том числе для случаев неполного контакта с основанием и при расчете на действие ПТО – с учетом ядра жесткости);
  - по учету жесткости плиты пола и характера нагрузки (размера следа) при назначении коэффициента постели.
- В связи с резким возрастанием фактических производственных технологических нагрузок на промышленные полы:
  - пришли в несоответствие с реальностью применяемые в расчете полов нормативные коэффициенты условий работы, обоснованные расчётом вероятностными методами,
  - отмечена научным сообществом возникающая необходимость армирования полов (ранее не предусматривавшегося строительными нормами), изменения в нормативную базу до сих пор не внесены.
- Отсутствуют методики расчета напряжений в плите пола в краевых зонах (у краев и углов, как при наличии армирования швов, так и без него).
- Отсутствуют указания по допустимой ширине раскрытия трещин с учётом наличия упругого основания. Нормативная ширина раскрытия трещин в полу от статической нагрузки, равная 0,3мм, приводит к чрезмерному запасу по прочности (около 20%), что является нерациональным при выработке решений с критерием экономичности. Допускаемая при кратковременной динамической нагрузке ширина раскрытия трещин, равная 0,4мм, обеспечивает достаточный запас прочности также и в случаях временной нагрузки, обеспечивает необходимые условия анкеровки арматуры и - в случае нормальной влажности окружающей среды (типичная ситуация в складских зданиях) – требуемую эксплуатационную надежность.

## Ошибки на стадии проектирования

- Необоснованные попытки применять при расчете полов методы, предназначенные для фундаментов и жестких покрытий дорог и аэродромов, несмотря на принципиальные различия расчетных схем взаимодействия оснований и бетонных конструкций, без учета различия достигаемых грунтовым основанием деформативных стадий.
- Неверный выбор модели работы грунтового основания — игнорирование одноконстантной модели Винклера:
  - максимально соответствующей характеру работы системы «грунтовое основание – плита пола» (в упругой стадии) и использующей в качестве расчетной характеристики при вычислении жесткости основания модуль упругости (вместо применяемого при расчете фундаментов модуля деформации и применяемого при расчете жестких покрытий аэродромов и дорог динамического модуля упругости);
  - учитывающей наличие реакции основания;
  - предусматривающей изменения характера взаимной работы системы «грунт – плита» во времени;
  - предусматривающей произвольное, наиболее неблагоприятное сочетание нагрузок.
- Необоснованное использование для расчета полов компьютерных автоматизированных комплексов, разработанных для проектирования фундаментов, и не соответствующих реальной схеме работы пола (гибкая бесконечная плита, лежащая на упругом основании). Такие программные продукты не содержат в расчетном алгоритме существенных для проектирования полов исходных данных.
- Встречающееся в отдельных случаях выполнение инженерных расчетов конструкции пола, использующих показатели по прочности бетона на растяжение при изгибе. Данный метод предусматривает устройство полов с применением бетона со специально подобранным составом смеси, который изготавливается далеко не каждым бетонным заводом, что создает проблемы его поставки при строительстве. При расчете полов из сталефибробетона использование показателя по прочности бетона на растяжение при изгибе не предусмотрено действующими нормативами.

- Неиспользование резерва набранной в период после 28 дней прочности бетона при планировании проектного нагружения конструкции в значительно более поздние сроки (минимум через 2-3 месяца после завершения бетонных работ).
- Применение в проектах устаревших типовых решений по конструкции пола, не соответствующих сегодняшним знаниям и технологическим возможностям, – многослойных (2-3 слоя) бетонных слоёв с весьма тонким рабочим слоем (40-50мм), отслаивающихся друг от друга, создающих в процессе эксплуатации массу дефектов. Современное рациональное решение – однослойная плита с поверхностью «чистый пол», выполняемая в один прием, иногда с применением бетонной подготовки по технологическим причинам.
- Недостаточное обоснование выбора типа конструкции пола (бетон, фибробетон, железобетон, с комбинированным армированием, двухслойная бетонная конструкция). Отсутствие всестороннего анализа вариантов в угоду одному из факторов (стоимости, уровню подготовки проектировщика, пожеланию чрезмерной надежности и т.п.) приводит к неэкономичности выбранного решения или несоответствию условиям эксплуатации, как пример:
  - завышение толщины слоя бетонной подготовки (для обеспечения движения техники в период строительства здания и монтажа оборудования) в двухслойной бетонной конструкции в ущерб снижению эксплуатационной надежности рабочего финишного бетонного слоя (в случае назначения его толщины менее 120мм), вызванное сложностями проектирования многослойных жестких конструкций;
  - при армировании стальной фиброй отказ от дополнительного армирования стержневой арматурой (комбинированное армирование) отдельных мест с концентрацией напряжений для повышения надежности и долговечности.
- Отсутствие в проекте решений и расчетов по типу, конструкции и месту расположения швов пола, по дополнительному армированию угловых, краевых и расположенных у колонн участков и т.п., по методике стержневого армирования (необходимость и расположение линий разреза верхней и нижней рабочей арматуры) и прочей детализации.
- Ошибки при назначении соответствующего эксплуатационным требованиям материала финишного покрытия, в том числе, при выборе типа упрочнителя поверхности, вызванные отсутствием сравнительных данных, на основе единой методики тестирования износостойкости;
- Отсутствие расчета на морозное пучение и устройства морозозащитных слоев при планировании временного содержания построенного теплого здания в зимний период без отопления.
- Отсутствие в проекте решений по минимизации затрат на устройство соответствующего нагрузкам искусственного грунтового основания и рекомендаций по методам достижения требуемой степени его уплотнения;
- Выполнение инженерного расчета конструкции плиты пола по показателям условной равномерно-распределенной нагрузки вместо расчета по данным о сосредоточенных нагрузках и их взаимном влиянии (по причине отсутствия на момент проектирования пола данных о типе стеллажного и прочего опирающегося на пол оборудования, а также о типе планируемого к применению ПТО).



**Рисунок 1. Трещина на шве. Следствие неправильной технологии**

### ***Финансовые ошибки на стадии проектирования***

- Вопреки требованиям нормативов не применяется сравнительный экономический анализ вариантов с учетом стоимости, продолжительности строительства, возможности применения местных или более экономичных материалов,
- Не проводится анализ вариантов армирования для снижения стоимости и сроков работ, ускорения сроков ввода объекта и достижения желаемой эксплуатационной надежности полов (программный анализ возможных конструкций – армобетонной, железобетонной, сталефибробетонной, одно- и многослойной, с совмещенными и несовмещенными швами, с применением бетонной подготовки и без нее, с учетом дополнительных конструктивных слоев основания и без них и т.п.),



- Не применяются сложные методы инженерного расчета конструкции для исключения неоправданного запаса прочности (при проектировании не используется принцип разумной достаточности для минимизации стоимости пола),
- Используются ненадежные в эксплуатации проектные и технические решения или конструкции пола с необоснованным излишним запасом прочности - низкое качество проектирования (фактически это прямые финансовые потери заказчика). Ошибки проектирования приводят к значительно большим финансовым потерям, чем экономический выигрыш от торга с исполнителями работ в процессе проведения тендера о стоимости куба бетона, тонны арматуры, работы за квадратный метр. Качественное проектирование дает заказчику возможность при проведении тендера сосредоточить свои усилия на главном – на поиске дееспособного исполнителя работ, гарантированно обеспечивающего качество, что исключит значительную долю последующих совокупных финансовых затрат – на текущие ремонты полов в течение всего планируемого периода эксплуатации.

### Ошибки на стадии строительства

- Отсутствие понимания роли выбираемой технологии устройства полов в достижении требуемой для работы ПТО ровности (допусков, определённых отраслевыми мировыми стандартами: Великобритании — TR 34 (классы SF, 1, 2, FM1 и FM2+); Германии — DIN 15185 (табл.1,2); США — F-min). Предпочтительным методом строительства высокоровного пола в узкопроходных складах высотного стеллажного хранения, безусловно, является полосовое бетонирование с ручным разравниванием поверхности. Ровность, обеспечиваемая выбранной технологией, должна соответствовать характеру технологических операций, подлежащих выполнению на обустраиваемых площадях (производство, комплектация, временное хранение, высотное хранение, узкопроходный проезд и т.п.).
- Некачественная подготовка основания (по ровности, качеству применяемых материалов и достигнутой степени уплотнения).
- Недостаточное уплотнение грунтов в пазухах; недостаточное уплотнение слоев искусственного основания (грунт, песок, щебень).
- Непонимание того, что многослойное искусственное грунтовое основание большой толщины не может доуплотниться, и что важно исключить естественное разуплотнение подготовленного основания (начало укладки бетона через длительный срок после вскрытия материковых плотных пластов, промораживание увлажненного основания и проч.).
- Допущение промерзания основания под полом, рассчитанным на эксплуатацию в отапливаемом помещении (случаи отказа от поддержания положительных температур в построенном отапливаемом здании).
- Несоблюдение проектных параметров по качеству армирования, толщине защитных слоев, толщине и классу бетона.
- Учитывая возможность получения бетона с фактически заниженными значениями прочности, рекомендуется использовать (заказывать) бетон с показателем прочности выше на один класс по сравнению с расчётным.
- Поставка бетонным узлом бетона, не соответствующего заявленному (увеличенные показатели по воздухоовлечению, с пластифицирующими добавками, сохраняющими подвижность при уменьшении расхода цемента).



Рисунок 2. Трещины на плите



Рисунок 3. Трещины на шве и плите. Причина - неправильная технология и конструктив

- Игнорирование особенностей процесса схватывания и начального набора прочности бетона при устройстве полов.
- Применение бетона, не соответствующего по показателям подвижности.
- Нарушение регламентированных сроков нарезки швов и их параметров.
- Технологические нарушения при укладке, обработке бетона и уходе за ним в период твердения.
- Незапланированные перерывы в процессе бетонирования, увеличивающие количество технологических швов.

### *Финансовые ошибки на стадии строительства (вопросы тендерной политики)*

- Применение технологий укладки бетона, не соответствующих требованиям ровности, что приводит к дальнейшему доравниванию поверхности дорогостоящими полимерными составами.
- Отказ от предоставления всего производственного цикла «в одни руки» для предотвращения ошибочных промежуточных технических решений, удорожающих строительство и эксплуатационные затраты за счет вынужденного увеличения несущей способности силовой плиты по причине недостаточного уплотнения грунтового основания (в том числе под черновым бетонным слоем); выравнивания неправильных высотных отметок существующего чернового бетонного основания, выполненного неквалифицированной организацией; увеличения суммарной толщины бетонного пола при некорректном проекте (эксплуатационно ненадежные толщины чистовых бетонных стяжек - менее 120 мм).

### *Ошибки на стадии эксплуатации*

- Превышение фактических статических и динамических нагрузок над проектными.
- Применение не предусмотренного техническим заданием на проектирование ПТО с большим значением удельного колёсного давления.
- Нарушение установленных режимов уборки пола.
- Нарушение проектного температурно-влажностного режима эксплуатации.
- Частичный демонтаж пола, приводящий к появлению усадочных трещин от углов и изменению расчётной схемы плиты вблизи этих участков.
- Не предусмотренное проектом краевое нагружение пола вблизи краев и углов карт, разуплотнение грунта вблизи краев бетонной плиты.

*Таким образом, залогом бездефектного строительства промышленных полов является разработка проектов высокого качества, учет при производстве работ условий конкретной стройплощадки и применение материалов, соответствующих требованиям к полам. Также необходимым условием для развития этой сферы строительства является совершенствование нормативной базы.*

*Главная же гарантия успешного строительства – это привлечение к работе профессионалов на всех стадиях создания пола.*

#### **Литература**

1. Долматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д., Мангушев Р.А., Сахаров И.И., Скотников С.Н., Улицкий В.М., Фадеев А.Б. Основания и фундаменты. СПб, 2002.
2. Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приёмки, эксплуатации и ремонта (в развитие СНиП 2.03.13-88 «Полы. Нормы проектирования» и СНиП 3.04.01-87 "Изоляционные и отделочные покрытия") / ЦНИИ Промзданий. М., 2004.
3. СНиП 2.03.13-88 «Полы. Нормы проектирования».
4. ASI 302.1R-04 Guide for Concrete Floor and Slab Construction.
5. TR №34 "Бетонные промышленные полы" (CS).
6. Vinkler E. die Lehre von der Elastizetat und Festigkeit, 1867.

*\*Илья Анатольевич Войлоков, Санкт-Петербург*

*Тел. моб.: +7(921)944-52-99; эл. почта: ilya@voilokov.ru*