



Разъяснения по вопросу сбора нагрузок и составлению технического задания на проектирование полов в складских помещениях, оборудованных многоярусными сборными стеллажами

ТЕКСТ **А. Горб**, директор ЗАО «СК Конкрет Инжиниринг»,
И. Войлоков, доцент кафедры ТОЭС ГОУ СПб ГПУ

Для выполнения расчета плиты пола, являющейся бесконечной гибкой плитой на упругом основании, следует соблюдать требования действующих норм и правил. **Основным нормативным документом для проектирования полов является СНиП 2.03.13-88 «Полы».** Кроме того, для расчета бетонных плит полов используются нормативный документ «Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта» (в развитие СНиП 2.03.13-88 «Полы») и СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия», разработанный ЦНИИПромзданий; для расчета фибробетонных конструкций — свод правил СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции»; для учета некоторых дополнительных нюансов — СНиП 2.05.08-85 «Аэродромы». Близкие результаты расчета конструкций полов дают документы ACI 360R-06 «Проектирование плит на грунтовом основании» (ко-

митет № 360 Американского института бетона ACI) и TR34 «Бетонные промышленные полы. Руководство по проектированию и устройству» (Британское общество производителей бетонных конструкций CS).

В последнее время для расчета плит полов необоснованно применяют компьютерные программы для расчета фундаментных плит, не учитывающие значимые при расчете пола исходные параметры. Это служит причиной применения в строительстве ошибочных решений, приводящих к разрушению пола при эксплуатации или значительному перерасходу средств на создание пола с излишним запасом прочности.

Часто в технических заданиях на проектирование полов в качестве расчетного параметра **необоснованно** приводится значение «нормативной эквивалентной равномерно-распределенной нагрузки». Так, согласно требованиям п. 2.3 нормативного документа «Полы. Технические требования и правила проек-

тирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта», «...**собственный вес пола, а также нагрузки, равномерно-распределенные по площади, при расчете не учитываются...**». То есть практически любое значение этой нагрузки — 5, 10 или 20 т/м² — никак не влияет на параметры конструкции плиты пола.

Примером **истинной** равномерно-распределенной нагрузки величиной 5 т/м² является слой песка толщиной около 3,2 м, насыпанного по всей площади пола. При данном характере нагружения в конструкции пола не возникает изгибающих моментов, и его толщина принимается конструктивно, например 120 мм (пол из неармированного бетона класса В22,5).

Условно в качестве равномерно-распределенной нагрузки величиной 5 т/м² можно рассматривать нагрузку, создаваемую 5-тонным погрузчиком, габариты осей колес которого составляют приблизительно 1×1 м, складированные в 5-ярусные штабеля палеты размером

0,8×1,2 м, весом 1 т каждая или рулоны бумаги, установленные в четыре уровня хранения. Во всех этих случаях величина условной равномерно-распределенной нагрузки одинакова, но конструкция пола будет разной по причине того, что величина и характер приложения сосредоточенных нагрузок различаются.

Только исходные данные о сосредоточенных нагрузках могут служить законным основанием для проектирования плиты пола по грунту. Согласно СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия», при составлении задания на проектирование пола, на который действуют нагрузки от оборудования и складироваемых материалов, необходимо учитывать данные о местах расположения и величине нагрузок, габаритах опор оборудования. Замена фактически действующих сосредоточенных нагрузок на эквивалентные равномерно-распределенные может быть осуществлена **только при проектировании конструкций междуэтажных перекрытий. Для полов, опирающихся на грунт, та-**

кая замена недопустима. В СНиПе 2.03.13-88 «Полы» и прочих используемых при расчете полов нормативных документах прописаны такие же требования к содержанию технических заданий. Так, п. 2.3. норматива «Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта» гласит: «...на **схеме нагрузок в плане должна быть указана их наибольшая величина, размеры и форма следов опирания на пол и наименьшие расстояния между этими следами...**»

Требования нормативных документов основаны на том, что при расчете полов решаются только две основные задачи с точки зрения теории упругости:

- задача № 1 — «О расчете круглой плиты неограниченных размеров при нагрузке распределенной по малой площади» для нагрузок, удаленных от краев;

- задача № 2 — «О расчете прямоугольной плиты при нагрузке, близкой к сосредоточенной» для нагрузок у краевых и угловых участков плиты.

К проектированию полов **задача о равномерной нагрузке, распределенной по всей площади плиты, не имеет никакого отношения и решается только для плит конечного размера и жесткости.** Таким образом, техническое задание, содержащее даже упоминание об использовании в расчетах значения эквивалентной **равномерно-распределенной нагрузки, является некорректным** с точки зрения основания для проектирования.

Однако возникает резонный вопрос: почему же при обсуждении проектов складских комплексов фактически встречается параметр «допустимая нагрузка до 5 (6) т/м²»? При массовом строительстве складских комплексов в последние годы возникла необходимость каким-то образом классифицировать склады по параметрам, отражающим их инвестиционную привлекательность, а также для удобства общения девелоперов, арендаторов, покупателей и строителей складов. Так появилась классификация складов на типы А, В, С и т. п., кото-

рая предполагает различный уровень допустимых нагрузок на полы. Определение «склад класса А» предполагает значение равномерно-распределенной нагрузки, как правило, 5 или 6 т/м², что позволяет инвесторам, проектировщикам и арендаторам иметь единое представление о параметрах склада — возможности размещения на полу стандартных сборно-разборных стеллажей с 5-ярусным хранением грузов на европаллетах полной массой до 1 т. Как правило, на складе используются фронтальные стеллажи с общепринятыми расстояниями между вертикальными стойками 1,05×2,75 м. Связью с предполагаемыми параметрами склада и ограничивается функциональность условного показателя «равномерно-распределенной нагрузки», способствующего пониманию сути пожеланий инвесторов, заказчиков и арендаторов, но бесполезного и недопустимого для инженерного расчета конструкции плиты пола.

Рассмотрим алгоритм приведения величины реально действующих сосредоточенных нагрузок на пол к значению условного показателя равномерно-распределенной нагрузки.

Пусть высота склада в свету (т. е. расстояние от поверхности пола до нижней поверхности балки покрытия) равна 12 м, а вес одной единицы груза (паллеты) — 1 т. Для предварительных расчетов плиты пола этих данных вполне достаточно. Определим количество ярусов хранения. При стандартной упаковке высота паллеты составляет 1,6–1,8 м. Добавив к ней зазоры и высоту балок рамы стеллажа, получим, что высота одного яруса примерно равна 2 м. Исходя из этого рассчитываем максимально возможное количество ярусов хранения: $12:2 = 6$.

Предполагается, что хранение будет осуществляться на стандартных фронтальных стеллажах с размерами между осями стоек (в плане) 2,75×1,05 м, что допускает хранение до трех европаллет размером 0,8×1,2 м в каждой стеллажной ячейке.

Рассматриваемый вариант сбора нагрузок на опору стойки стеллажа предполагает напольное хранение грузов первого яруса. Размещение



таких грузов на балке, передающей дополнительную нагрузку на стойки стеллажа, однозначно неприемлемо, поскольку приводит к дополнительным расходам за счет увеличения общего количества балок и роста (до 20%) нагрузок на стойки стеллажа. Поэтому в большинстве случаев используется напольное хранение грузов 1-го яруса. В случае использования узкопроходной техники, перемещающейся по направляющим упорам (без индукционного управления), параллельно балкам основной конструкции стеллажа с крепе-



Средний вес паллеты 0,8 т

Параметр нагрузки	Количество ярусов хранения							
	Всего		На раме		Всего		На раме	
	6	6	6	5	7	7	7	6
Сосредоточенная нагрузка, т	7,2		6		8,4		7,2	
Равномерно-распределенная нагрузка, т/м ²	5		5		5,82		5,82	

Средний вес паллеты 0,9 т

Параметр нагрузки	Количество ярусов хранения							
	Всего		На раме		Всего		На раме	
	6	6	6	5	7	7	7	6
Сосредоточенная нагрузка, т	8,1		6,75		9,45		8,1	
Равномерно-распределенная нагрузка, т/м ²	5,61		5,61		6,55		6,55	

Средний вес паллеты 1 т

Параметр нагрузки	Количество ярусов хранения							
	Всего		На раме		Всего		На раме	
	5	5	5	4	6	6	6	5
Сосредоточенная нагрузка, т	7,5		6		9		7,5	
Равномерно-распределенная нагрузка, т/м ²	5,195		5,195		6,23		6,23	

нием к полу применяется установка опорных балок (прямоугольных стальных профилей размером более высоты направляющего упора) для укладки паллет нижнего яруса. В результате на стойки стеллажа оказывается косвенное, не очень большое воздействие, поскольку нагрузка распределена по относительно большой площади.

На основании исходных данных получаем формулу для расчета нагрузки на среднюю одиночную стойку стеллажа с учетом напольного хранения грузов первого яруса:

$$P = (P_{\text{пал}} \cdot M \cdot N_1) / 2, \quad (1)$$

где P – рассчитываемая нагрузка на одиночную стойку стеллажа, т; $P_{\text{пал}}$ – усредненный вес паллеты, т; M – количество паллет на одном ярусе хранения (в случае применения стандартных стеллажей разме-

ром в плане 1,05×2,75 м оно равно 3); N_1 – количество ярусов хранения на раме стеллажа.

Подставляя в формулу (1) предварительно заданные исходные данные, получаем:

$$P = (1 \text{ т} \cdot 3 \cdot 5) / 2 = 7,5 \text{ т}.$$

Таким образом, нагрузка на одиночную стойку стеллажа при шестиярусном хранении и напольном хранении грузов первого яруса составляет 7,5 т.

В случае хранения всех паллет на раме стеллажа (без напольного хранения) получаем:

$$P = (P_{\text{пал}} \cdot M \cdot N) / 2, \quad (2)$$

где N – общее количество ярусов хранения.

Подставляя исходные данные, получаем, что

$$P = (1 \text{ т} \cdot 3 \cdot 6) / 2 = 9 \text{ т}.$$

Для приведения данного сочетания нагрузок к эквивалентной равномерно-распределенной необходимо произвести деление нагрузки, действующей в пределах нагруженной стеллажной ячейки, на условно принятую грузовую площадь, определенную габаритными размерами стоек стеллажа:

$$P_{\text{эkv}} = (P_{\text{пал}} \cdot M \cdot N) / S, \quad (3)$$

где S – грузовая площадь (2,75 · 1,05 = 2,8875 м²).

Итого получаем:

$$P_{\text{эkv}} = (1 \text{ т} \cdot 6 \cdot 3) / 2,8875 \text{ м}^2 = 6,23 \text{ т/м}^2.$$

В результате мы привели реально действующие нагрузки от грузов, расположенных на стеллажах, к условному значению равномерно-распределенной нагрузки.

Таким образом, при одинаковом значении равномерно-распределенной нагрузки (6,23 т/м²) мы имеем различные величины нагрузок на стойки стеллажей (7,5 и 9 т), различающиеся по значению почти на 20%, что подтверждает недопустимость использования равномерно-распределенной нагрузки как расчетного параметра при проектировании полов.

Здесь приводятся таблицы ориентировочного соотношения между различными видами нагрузок при разном весе единиц грузов (паллет) при использовании стандартных фронтальных стеллажей размером в плане 2,75×1,05 м.