

А.Е. Гришин  
Научный руководитель к.т.н. доцент Н.Д. Лодыгина  
*Муромский институт Владимирского государственного университета*  
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23  
E-mail: nina.lodygina@mail.ru

### **Динамический расчет конструкций промышленных зданий и сооружений**

Проектирование зданий и сооружений на современном этапе невозможно без учета динамических воздействий. Цель динамического расчета несущих конструкций промышленных зданий и сооружений – обеспечить несущую способность конструкций при совместном действии статических и динамических нагрузок.

Основные динамические характеристики строительных материалов и конструкций:

- динамическая жесткость при циклическом процессе деформирования;
- внутреннее трение, обуславливающее рассеяние циклических деформаций во внешнюю среду;
- выносливость или динамическая прочность при циклическом процессе деформирования.

Статическая жесткость при длительном действии нагрузки меньше динамической вследствие влияния деформаций ползучести и релаксации напряжений и зависит от времени, отсчитываемого после начала нагружения. Динамическая жесткость зависит от периода колебаний, но для традиционных строительных материалов (сталь, дерево, железобетон, кирпичная кладка) в пределах обычных частот периодических нагрузок она меняется слабо, приближаясь к статической жесткости, определяемой из кратковременных испытаний при низком уровне напряжений.

Динамическую жесткость элементов строительных конструкций при расчете на умеренные динамические нагрузки можно определять исходя из упругой стадии работы материала. При динамическом расчете стальных и деревянных конструкций динамические модули упругости можно принимать равными статическим. При расчете кирпичных зданий на горизонтальные колебания модуль сдвига принимается равным  $0,3E$ , где  $E$  – модуль упругости кирпичной кладки на сжатие. При динамическом расчете изгибаемых элементов железобетонных каркасных зданий, а также монолитных железобетонных конструкций перекрытий и покрытий, плит и балок расчетные динамические жесткости можно принимать равными жесткости сплошного бетонного сечения, при этом динамический модуль бетона принимается равным нормативному значению  $E$ .

Объяснение природы внутреннего трения в традиционных строительных материалах следует искать в неоднородности структуры материала. Внутреннее трение в строительных конструкциях играет важную благоприятную роль, являясь причиной быстрого затухания свободных колебаний конструкции, возбуждаемых ударами, и ограничения амплитуд резонансных колебаний при действии периодических нагрузок.

Для учета влияния внутреннего трения на напряженное состояние конструкций при колебаниях устанавливается зависимость в системе с внутренним трением между полным переменным напряжением и полной переменной деформацией, состоящей из упругой и неупругой. Закон Гука здесь уже неприменим. Эта зависимость рассматривается на примере одноосного напряженного состояния образца материала, находящегося в процессе гармонического деформирования. Она формулируется на основе опытных данных.

Выбор расчетных схем при проведении практических расчетов строительных конструкций определяется следующими обстоятельствами: многообразием факторов, влияющих на характер динамических воздействий; точностью исходных данных; способом расчета. Точность исходных данных, как правило, невелика, так как характеристики динамических нагрузок и динамические свойства материалов могут изменяться в широких пределах. Вместе с тем очень трудно бывает оценить и влияние различных факторов, самым существенным образом сказывающихся на результатах расчета, например распределение полезных нагрузок, совместимость работы различных конструктивных элементов, жесткость соединения стыков, внутреннее и внешнее сопротивление и т. д.

Основные упрощения расчетных схем состоят в расчленении конструкций здания на отдельные элементы (балки, плиты, стержни, рамы) и в раздельном рассмотрении вертикальных и горизонтальных динамических нагрузок. При этом передача динамических нагрузок с одного конструктивного элемента на другой осуществляется так же, как и в статических расчетах, либо путем загрузки поддерживающей конструкции ее динамическими реакциями.

## Секция 16. Проблемы экологии и техносферной безопасности

Эксплуатационные динамические нагрузки в промышленных зданиях и сооружениях, как правило, не велики и вызываемые ими напряжения значительно меньше напряжений от статической нагрузки. Поэтому динамический расчет обычно проводится для проверки допустимости перемещений и внутренних усилий конструкции, рассчитанной на статические нагрузки, при совместном действии статических и динамических нагрузок с точки зрения выполнения требований прочности и выносливости конструкций.

Динамический расчет несущих конструкций проводится в такой последовательности:

- определяются динамические нагрузки;
- устанавливается необходимость расчета на прочность;
- определяются внутренние усилия в конструкциях;
- производится расчет на прочность, выносливость и устойчивость.

Несущая способность конструкций при совместном действии статических и динамических нагрузок обеспечивается расчетом на прочность, выносливость и устойчивость. Конструкции промышленных зданий, как правило, рассчитываются только на статическую устойчивость; для отдельных элементов сооружений может потребоваться проверка на динамическую устойчивость.

При расчете сжато – изогнутых и сжатых элементов на прочность и статическую устойчивость к расчетной статической нагрузке прибавляется расчетная динамическая нагрузка и расчет производится по обычным формулам статики сооружений.

Во многих случаях проверка прочности и выносливости несущих конструкций может не потребоваться. В частности, многие машины развивают небольшие динамические нагрузки, вызываемые весьма малыми дополнительными напряжениями в конструкциях. Кроме того, выполнение очень жестких санитарно-гигиенических и технологических требований по ограничению уровня колебаний конструкций, на которых находятся люди или чувствительное к вибрациям оборудование, в большинстве случаев является достаточным и для обеспечения несущей способности конструкций. Это обстоятельство может быть использовано для грубой оценки несущей способности конструкций, подверженных действию эксплуатационных динамических нагрузок: колебания, не опасные для людей, обычно не опасны и для несущих конструкций зданий.