

*Арутюнян А.А., бакалавр
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)*

Россия, г. Москва

*Ануфриев Д.К., бакалавр
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)*

Россия, г. Москва

*Саламатов А.А., бакалавр
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)*

Россия, г. Москва

*Якубов Ш.Г., бакалавр
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)*

Россия, г. Москва

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

***Аннотация:** в статье анализируются нагрузки и воздействия при проектировании зданий и сооружений.*

***Ключевые слова:** нагрузки, воздействия, строительство, расчет, конструкции.*

***Abstract:** The article analyzes the load and impact in the design of buildings and structures.*

***Keywords:** loads, impacts, construction, calculation, designs.*

Нагрузки и воздействия. Общие понятия

Понятие нагрузки является удобным способом описания влияния окружающей среды на конструкцию, хотя имеются воздействия не представимые в форме нагрузки (например, коррозионные воздействия).

Нагрузки являются одним из наименее изученных компонентов системы, они имеют большую изменчивость во времени и пространстве, и те расчетные модели, которыми оперирует проектная практика, достаточно условны.

Некоторые из моделей нагружения, которые традиционно используются при составлении расчетных моделей (равномерно распределенная нагрузка, сосредоточенная сила, гармоническая осцилляция) являются сильными физическими абстракциями, о чем надо помнить при анализе результатов расчета.

Особенно много ошибок в процессе идеализации нагрузок совершается в части описания их поведения во времени, что приводит к недостоверной картине реакции системы.

Любая конструкция окружена внешней средой и взаимодействует с ней. Необходимо указать на понятие взаимодействие, которое указывает не только на то, что внешняя среда влияет на конструкцию, но и на то, что конструкция может влиять на окружающую среду.

К числу характерных примеров взаимодействия нагрузки с конструкцией относятся многие режимы динамического нагружения. Именно в динамике наиболее ярко проявляется обратная связь между нагрузкой и сооружением, когда его поведение меняет сам характер динамически приложенных нагрузок (флаттер, галопирование, взаимовлияние различных форм колебаний и др.). При этом сооружение иногда выступает в роли некоторого фильтра, отбирающего из энергии внешнего воздействия те части, с которыми сооружение вступает в резонанс.

Пример взаимодействия нагрузки с сооружением является аэродинамическое нагружение. Его величина зависит от формы конструкции, обтекаемой ветровым потоком, и, если деформации конструкции эту форму заметно меняют, как это случается, например, в висячих системах, системах с опиранием на податливые конструкции, то меняются и действующие нагрузки.

В целом, следовало бы говорить не столько о нагрузках, сколько о воздействиях на сооружение.

В первом приближении воздействия можно разделить на внешние и внутренние — с одной стороны, а с другой стороны — на силовые и кинематические:

Но и эта классификация условна и неполна, так как не отражает таких, например, специфических условий взаимодействия с окружающей средой, как коррозия, химическое взаимодействие, выкрашивание, изменение схемы сооружения в результате деградации (удаление, разрыв) связей и т.п.

Рассчитываемая конструкция всегда является частью более общей системы и, выделяя конструкцию из окружающей среды, мы либо идеализируем ее влияние в форме абсолютного запрета на некоторые виды перемещений (присоединение системы к «земле»), либо описываем это влияние в форме внешней нагрузки на систему.

Но при использовании такого подхода очень важно понять, не влияет ли деформация системы на нагрузку.

Иными словами, рассматриваемая конструкция должна быть в некотором смысле несопоставимой по жесткости или другим параметрам с отброшенным окружением. Лишь тогда можно уверенно предполагать, что нагрузку можно рассматривать как не зависящую от деформаций системы.

Типичным примером является нагрузка от собственного веса, которая определяется взаимным тяготением массы Земли и массы конструкции, но деформации настолько мало меняют расстояние между центрами этих масс, что ими можно пренебречь.

Однако кольцо не может рассматриваться как самостоятельно нагруженная силами система, поскольку оно прогибается ровно настолько, насколько позволяет ему деформироваться стенка резервуара.

Опорное кольцо находится практически в условиях вынужденной деформации, а еще лучше сказать — кинематического воздействия.

Положительная обратная связь возникает при учете нагрузки от собственного веса, а также в случаях нагружения гибких конструкций весом слоя жидкости. Прогибы конструкции увеличивают толщину слоя жидкости в середине пролета, что заметно меняет картину нагружения.

Нормы США (см. Load and Resistance Factor Specification for Structural Steel Buildings, Appendix K2) предусматривают расчет горизонтального кровельного перекрытия на нагрузку от такого скопления воды, чтобы более точно определить необходимую жесткость конструкции.

Кинематическое воздействие (аппроксимировано деформациями материала) не пропорционально росту напряжений.

В условиях реализации неупругой работы материала под нагрузкой увеличение деформаций на 50% генерирует рост напряжений на 10%.

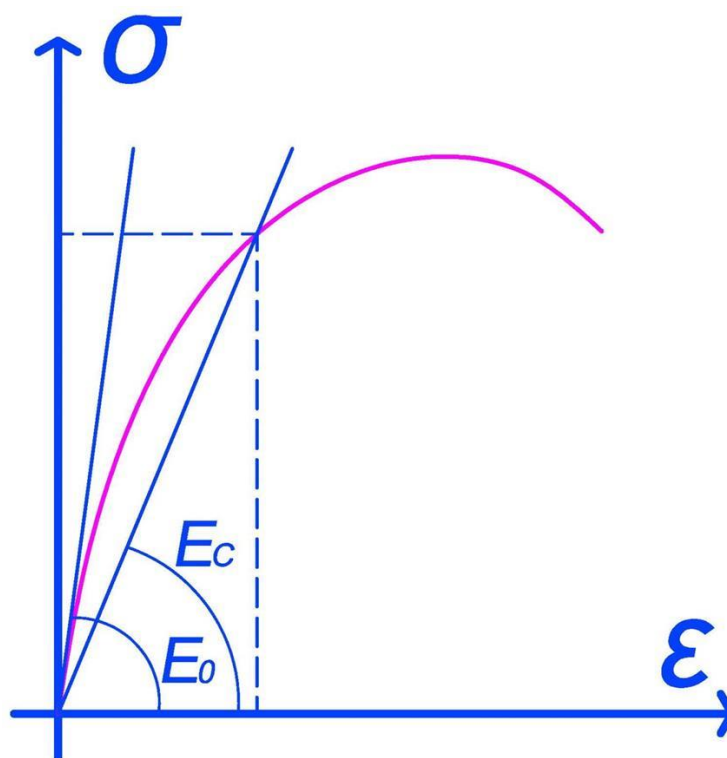


Рисунок 1. Зависимость напряжения от деформации

Особенно сильно сказывается различие между силовым и деформационным нагружением при рассмотрении вопроса о влиянии точности задания воздействия на результаты расчета. Так, в простейшем случае изгиба балки, который сводится к решению дифференциального уравнения:

$$(EIv''')' = q(x)$$

можно рассмотреть два случая:

- нагрузка — причина изгиба, а прогиб — следствие;
- прогиб является причиной (изгиб по лекалу), а нагрузка (реакция) - следствием.

Если предполагать абсолютную точность задания исходных данных и способа решения задачи, то формального различия между указанными случаями нет.

Но в действительности это различие очень велико, поскольку малые изменения нагрузки приводят к малым изменениям прогибов, а если неточно задана форма лекала, то разброс в полученных значениях нагрузки может быть очень большим (мы практически не умеем находить даже первую производную от неточно заданной функции).

По сути, здесь нет ничего нового, чем другое прочтение закона Гука: если в упругой системе большие силы приводят к малым деформациям, то ее малые деформации могут быть связаны с большими усилиями.

Особенности нагрузок и воздействий

Для учета влияния времени нагружения конструкции (воздействия на конструкцию) необходимы данные о режиме нагружения.

Известны значимые особенности работы конструкционных материалов при различных режимах нагружения:

- Ползучесть бетона и дерева при длительном действии нагрузок;
- Пониженная деформативность бетона при кратковременном воздействии;
- Повышенная прочность бетона при кратковременном (динамическом) воздействии;
- Снижение величины разрушающей нагрузки при многоцикловом воздействии.

В целях учета режима нагружения в современных нормах введена классификация нагрузок по времени действия:

- Постоянные;
- Временные длительно действующие;
- Временные кратковременные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев В.Н. и др. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – С. 14-37.
2. Расчет сооружений на сейсмические воздействия с учетом взаимодействия с грунтовым основанием [Текст] : [монография] / А. Г. Тяпин. - Москва : Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2013. - 399 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-93093-971-2 (дата обращения: 05.06.2019).
3. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И. Металлические конструкции. – С. 40-73.