НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ. ЛЕКЦИЯ 9:

ГРУППЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

Савин Сергей Юрьевич
Доцент кафедры ЖБК, к.т.н.

100
1921-2021
МГСУ

ПОНЯТИЕ О ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

СТРЕЛЕЦКИЙ Николай Станиславович
(1885-1967)

В истории развития методов расчета строительных конструкций отмечены два основных подхода: расчет по прочности (стадия разрушения) и расчет по рабочему состоянию (стадия нормальной эксплуатации). Оба подхода одинаково важны и их следует рассматривать совместно, только так можно правильно запроектировать здание или сооружение. Вместе с тем в настоящее время изменилась и трактовка самого понятия предельного состояния. Ранее этот термин означал только разрушение конструкции. Теперь же пришли к выводу, что наступление предельного состояния - это не только разрушение. Возможны и другие случаи выхода конструкции из строя. Предельное состояние может быть связано как с разрушением конструкции, так и с ее местными повреждениями или с недопустимыми перемещениями.

Как только была осмыслена бесплодность выбора между указанными выше двумя подходами, сразу же появилась идея, получившая наименование расчета по предельным состояниям. Этот расчет включает в себя оба предшествующих подхода и представляет дальнейшее развитие теории расчета.

Один из основоположников методики расчета по предельным состояниям Н. С. Стрелецкий дал такое определение предельному состоянию: «Предельным является такое состояние конструкции (сооружения), при котором ее эксплуатация должна быть прекращена»,

В настоящее время его формулируют следующим образом: «Предельное состояние конструкции - такое состояние, при достижении которого конструкция перестает удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней в процессе эксплуатации или введения (изготовления)».

ПОНЯТИЕ О ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

Количество предельных состояний менялось в процессе изучения работы конструкций под нагрузкой, а также с учетом опыта проектирования и эксплуатации зданий и сооружений.
При разработке метода расчета были установлены три предельных состояния конструкций:

1. первое предельное состояние - по несущей способности;
2. второе предельное состояние — по развитию чрезмерных деформаций;
3. третье предельное состояние — по образованию или раскрытию трещин.

В такой трактовке понятия предельных состояний включены в первый в нашей стране общестроительный нормативный документ - **Строительные нормы и правила 1954 г.**
В дальнейшем происходит расширение и уточнение понятий предельных состояний. **В настоящее время ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» выделяет три группы предельных состояний:**

1. первая группа предельных состояний - состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности строительных конструкций и возникновению аварийной расчетной ситуации;
2. вторая группа предельных состояний - состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация строительных конструкций, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности;
3. особые предельные состояния - состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях и превышение которых приводит к разрушению сооружений с катастрофическими последствиями.

НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Надежность строительного объекта - способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

Отказ - состояние строительного объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

Расчетный срок службы - установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции

Срок службы - продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна

СУЩНОСТЬ РАСЧЕТА ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

Сущность расчета по предельным состояниям и состоит в том, чтобы **обеспечить надежность** здания, сооружения **в течение всего срока его службы**, а также при производстве строительно-монтажных работ.
Обеспечение надежности заключается в том, чтобы расчетные значения нагрузок или вызываемых ими последствий (усилий, напряжений, деформаций, перемещений, раскрытий трещин) не превышали соответствующих им предельных значений, установленных нормами проектирования конструкций, или оснований, т. е. необходимо удовлетворить условия вида:

$$F \le F_u;$$

$$F \le f_{\lim};$$

$$a \le a_{\lim}.$$

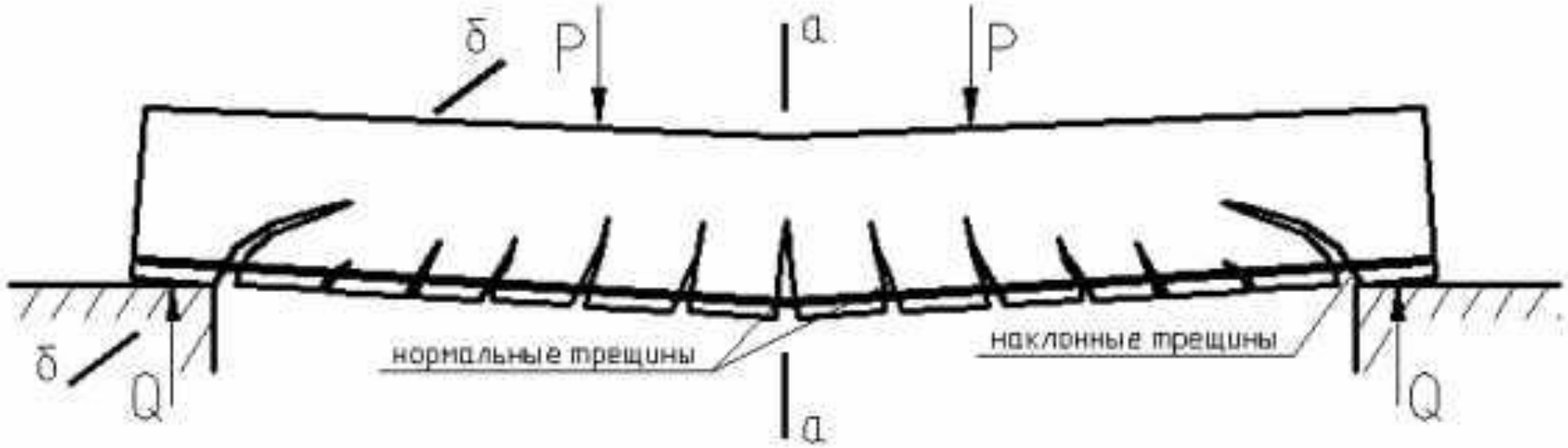
Здесь слева приведены усилия, напряжения, деформации и др., вызываемые внешними нагрузками, справа - соответствующие параметры несущей способности сечений конструкции или предельно допустимые деформации, перемещения и т. д.

ПЕРВАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

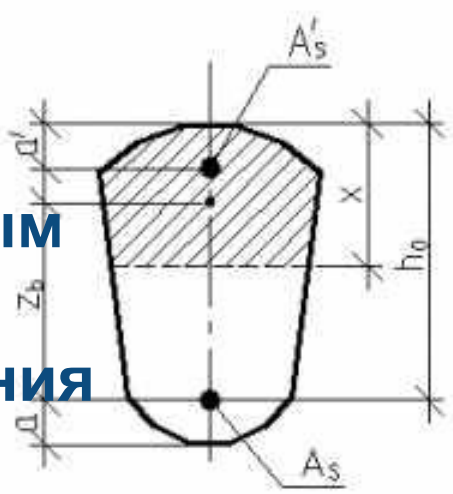
К первой группе предельных состояний следует относить:

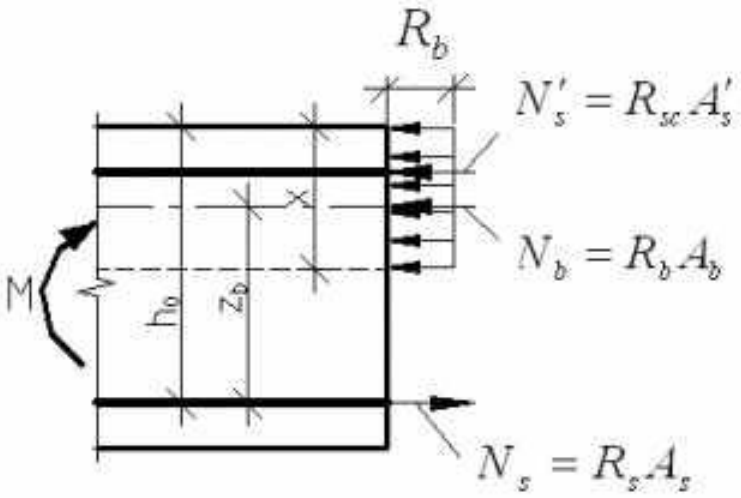
- разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);
- потерю устойчивости отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом;
- условия, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала, пластичности, сдвига в соединениях, а также чрезмерное раскрытие трещин).

ПЕРВАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ



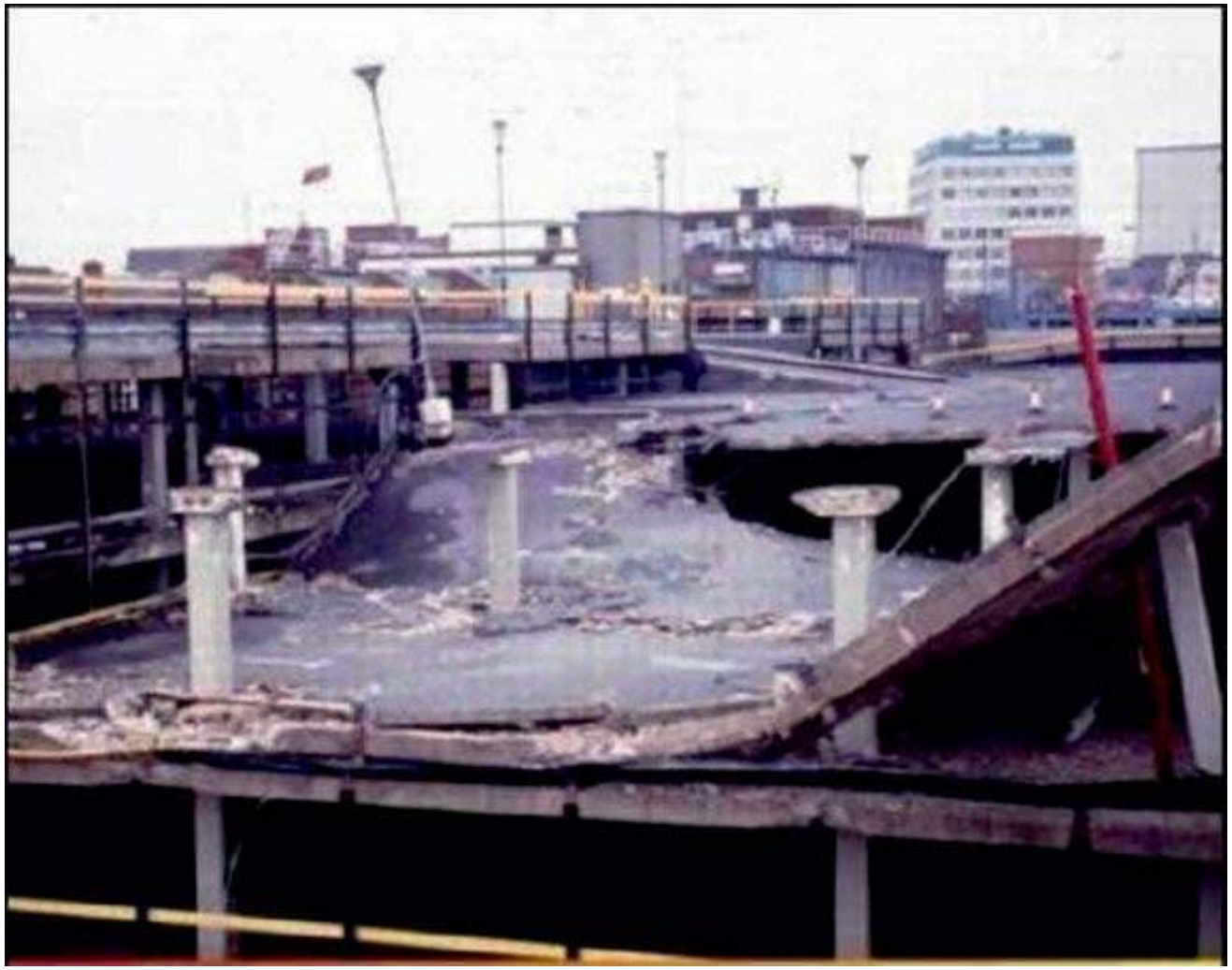
Изгибаемый железобетонный элемент: разрушение по нормальным или наклонным сечениям в зависимости от характера приложения нагрузки и размеров сечения.

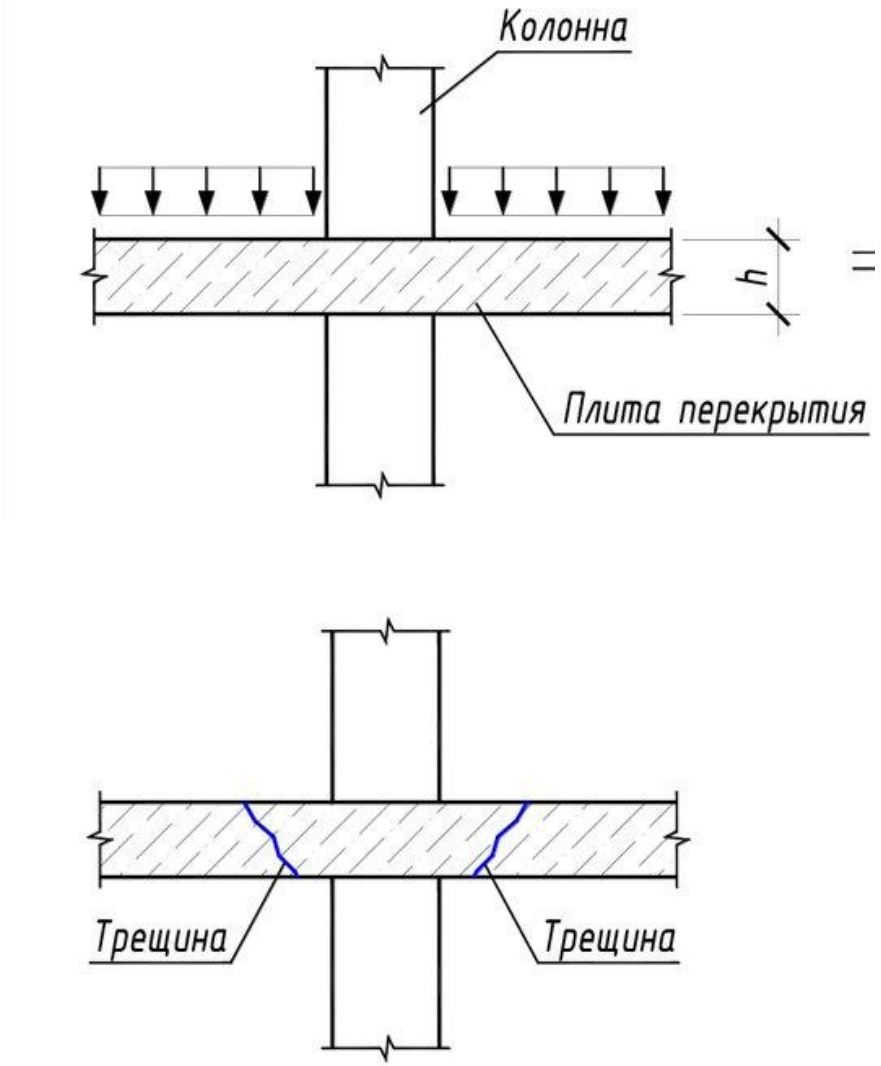




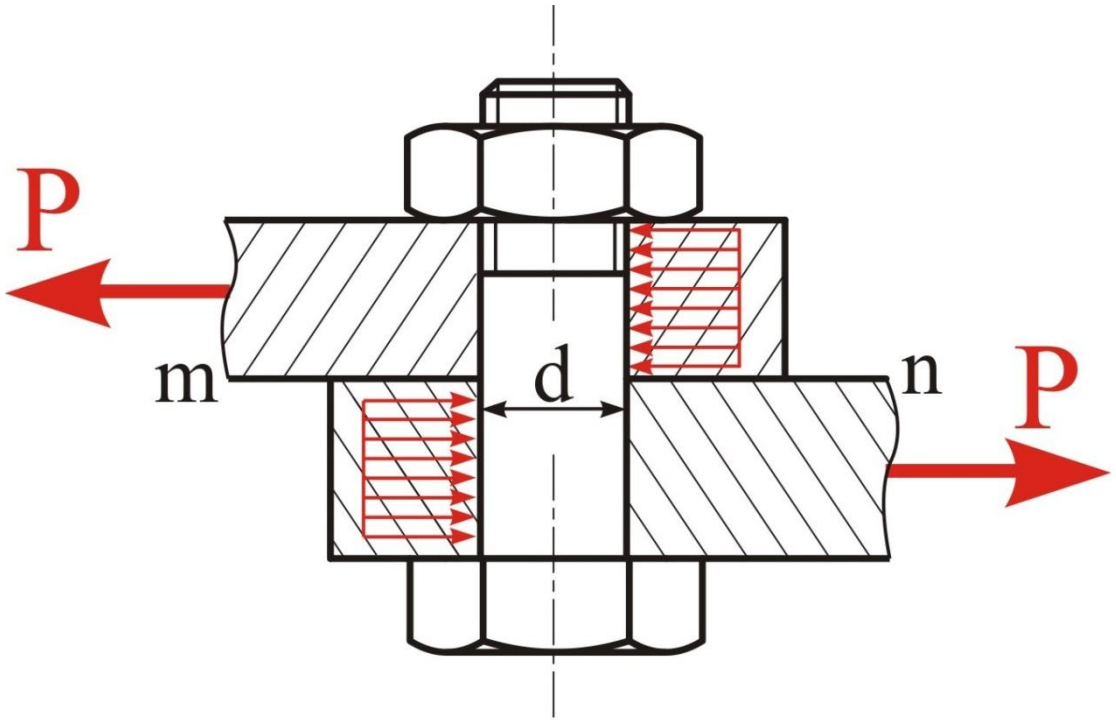
ПЕРВАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

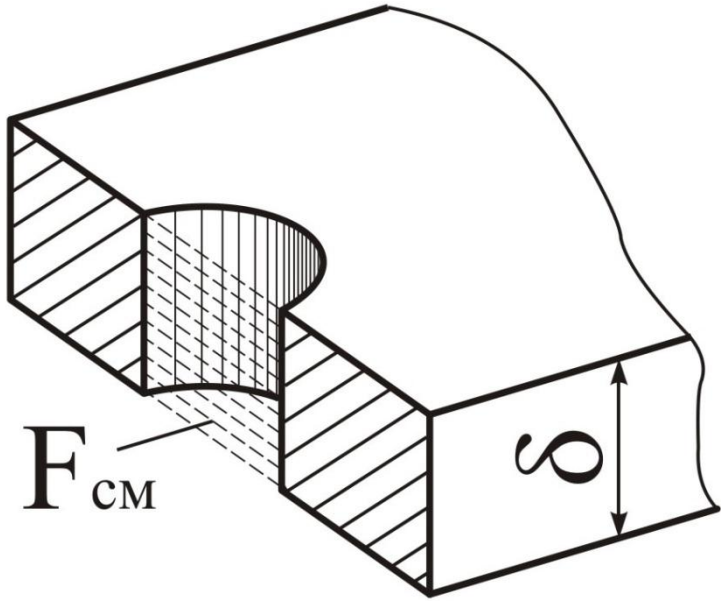
Пример разрушения железобетонного покрытия от продавливания:





ПЕРВАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ





Срез стального болта в болтовом соединении. Высокопрочные болты работают на растяжение, а сдвигающие усилия воспринимаются силами трения

Смятие материала вокруг болта (или в общем случае нагеля- цилиндрического стержня)

ПЕРВАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

Потеря устойчивости

ВТОРАЯ ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

- Ко второй группе предельных состояний следует относить: достижение предельных деформаций конструкций (например, предельных прогибов, углов поворота) или предельных деформаций оснований, устанавливаемых исходя из технологических, конструктивных или эстетико-психологических требований;
- достижение предельных уровней колебаний конструкций или оснований, нарушающих нормальную работу оборудования или вызывающих вредные для здоровья людей физиологические воздействия;
- образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию строительного объекта;
- достижение предельной ширины раскрытия трещин;
- другие явления, при которых возникает необходимость ограничения во времени эксплуатации сооружения из-за нарушения работы оборудования, неприемлемого снижения эксплуатационных качеств или расчетного срока службы сооружения (например, коррозионные повреждения).

УЧЕТ ФАКТОРОВ

Исследования строительных конструкций показали, что **наступление того или иного предельного состояния зависит от многих факторов**.
Прежде всего, это внешние нагрузки или воздействия - ведь для их восприятия и предназначены несущие строительные конструкции.
Качество материалов и их механические свойства во многом определяют сопротивление конструкций нагрузкам и воздействиям. Кроме того, немаловажную роль играют условия работы конструкции, условия ее изготовления и т.п.
Чтобы учесть изменчивость указанных явлений, установлена **система расчетных коэффициентов** , заменяющих единый коэффициент запаса предшествующих методов расчета.

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ

Принятие постоянного коэффициента запаса в расчетах по допускаемым напряжениям и весьма маловариантного (всего две ступени) коэффициента запаса в расчете по разрушающим нагрузкам отражало несовершенство знаний о возможных изменениях нагрузок, механических свойств материалов и условий работы. Только углубленный анализ понятия «коэффициент запаса позволил вместо него ввести **систему новых расчетных коэффициентов**:

- коэффициенты надежности по нагрузке;
- коэффициенты надежности по материалу ;
- коэффициенты условий работы.

Коэффициенты надежности по нагрузке (ранее - коэффициенты перегрузки) отражают изменчивость нагрузок, различную для разных категорий нагрузок, коэффициенты надежности по материалу (ранее - коэффициенты однородности) - изменчивость механических характеристик материалов, а коэффициенты условий работы - все остальные факторы работы конструкций. Значения каждого из этих коэффициентов можно определять опытным путем, что позволяет по мере накопления экспериментальных данных уточнять их значения.

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ