

**К вопросу обеспечения безопасности сооружений  
от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения**

*Голубкова О.А.*

(научный руководитель – *Башкевич И.В.*)

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Лавинообразное (прогрессирующее) обрушение – распространение начального локального повреждения от элемента к элементу, которое, в конечном счете, приводит к обрушению всего сооружения или непропорционально большой его части. Если расчеты по предельным состояниям направлены на то, чтобы не допустить предельного состояния конструкции, то причиной обрушения может быть аварийная ситуация, не рассматриваемая в обычном проектировании. Аварийные ситуации: ошибки проектирования, монтажа, эксплуатации; взрывы; аварии оборудования; столкновения с движущимися транспортными средствами; сейсмика; пожары.

Проблема обеспечения безопасности от прогрессирующего (лавинообразного) обрушения особенно актуальна для большепролетных сооружений. Сооружения такого типа являются массовыми зрелищными и имеют повышенный уровень ответственности. Их обрушение может привести к тяжелым экономическим и социальным потерям. В [1] подчеркивается лишь на необходимость обеспечения надежности строительных конструкций без конкретных рекомендаций. Не ясны вопросы, какие элементы необходимо исключать из расчета, в каком количестве и какие расчетные сочетания нагрузок принимать. При буквальном соблюдении п.1.10 этого документа реальное проектирование таких объектов становится невозможным ввиду нечеткости и неопределенности требований этого нормативного документа.

Существующий опыт проектирования показывает, что в большинстве случаев невозможно обеспечить жизнеспособность большепролетных систем после отказа основных несущих элементов. Требования, чтобы подобные конструкции не теряли несущую способность в случае удаления ключевых элементов невыполнимо.

Для минимизации влияния ошибок проектирования, изготовления, монтажа или неправильной эксплуатации сооружения назначаются необходимые коэффициенты несущей способности основных элементов конструкций, обеспечивающих в первую очередь, общую устойчивость сооружения. Для указанных элементов и узлов следует вводить дополнительные коэффициенты условий работы, определяемые в специальных технических условиях на проектирование конкретного большепролетного сооружения. Конструктивное решение должно обеспечивать несущую способность сооружения даже при локальных повреждениях, предотвращать лавинообразное обрушение системы вследствие разрушения второстепенных элементов конструкций, узлов и деталей.

В зарубежных стандартах также обращается внимание на то, что в большинстве случаев аварийные воздействия не могут быть определены количественно и неизвестна степень возможных начальных повреждений. Попытка приблизить вероятность разрушения к нулю сопровождается стремлением стоимости сооружения к бесконечности.

Самым распространенным методом обеспечения безопасности является увеличение запаса несущей способности основных элементов. А это неизбежно ведет к повышению расхода металла и трудозатрат. Эту проблему можно проследить на примере покрытия спортивного зала.

В качестве большепролетной системы рассмотрено покрытие из стропильных ферм пролетом 42 м из гнутосварных профилей (рисунок 1). Предусмотрено пять ниток дополнительных продольных связевых ферм (рисунок 2), призванных обеспечить надежность металлоконструкций в случае отказа одной из ферм. Подбор сечений стержней стропильных ферм осуществлялся для двух вариантов: на наиболее невыгодное сочетание расчетных нагрузок и на эксплуатационную нагрузку при учете обрушения одной из ферм.

В случае отказа одной из ферм, нагрузку от нее должны воспринять связевые фермы (рисунок 3) и передать на смежные фермы. При расчете на прогрессирующее обрушение учитывалась как статическая, так и динамическая составляющая, возникающая при мгновенном обрушении одной из ферм. Смежная ферма рассчитывалась на нагрузки: эксплуатационную от веса покрытия, снега, промпроводок и оборудования и половину этой же нагрузки, с коэффициентом динамичности  $k = 1,5$  (из расчета, что нагрузка от об-

рушившейся фермы распределится равномерно между смежными фермами).

Продольная связевая ферма рассчитывалась на динамическую нагрузку от выключенной из работы стропильной фермы. Связевая ферма состояла из горизонтальных элементов, прикрепляемых к узлам нижних поясов, и подкосов, прикрепляемых к узлам верхних поясов стропильных ферм (рисунок 2).

Сравнительный анализ расхода металла только по основным элементам показал, что даже минимальное обеспечение безопасности приводит к увеличению материалоемкости строительства на 20% (таблица 1).

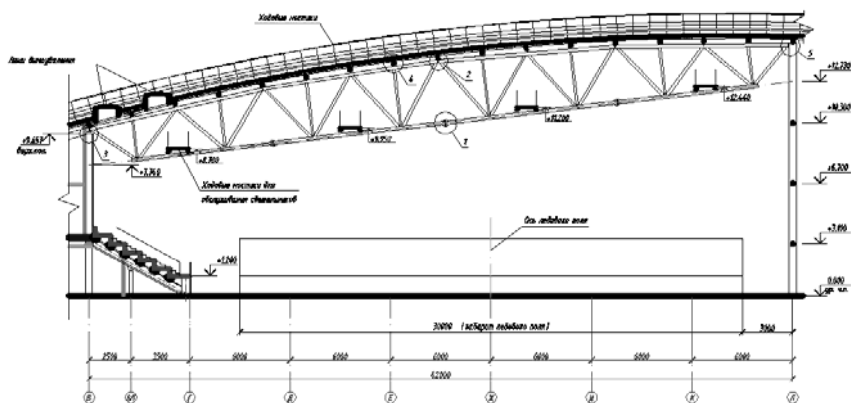


Рисунок 1 – Стропильная ферма

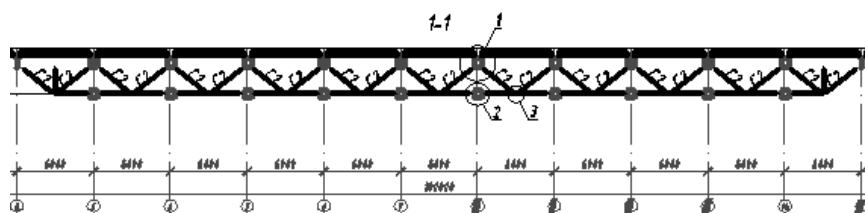


Рисунок 2 – Продольная связевая ферма

Таблица 1 – Сравнение вариантов загрузжений по расходу металла

Расход металла на одну отправочную марку, кг		Расход металла на одну ферму, кг		Расход металла на здание, кг		Увеличение, %
без учета обрушения	с учетом обрушения	без учета обрушения	с учетом обрушения	без учета обрушения	с учетом обрушения	
1516,2	1697,6	6064,9	6790,4	97039,1	117455,7	21,0

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».

УДК 624.014.2

### **К расчету болтовых срезных соединений согласно СНиП II-23-81\* и ТКП EN 1993-1-8**

*Ивинская В.Е.*

(научный руководитель – *Лагун Ю.И.*)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Сравнительно недавно вступили в силу новый строительный нормативный документы ТКП EN, среди которых выделим требования по проектированию соединений металлических конструкций ТКП EN 1993-1-8. В связи с его принятием имеют место некоторые различия и несоответствия при сравнении с действовавшим нормативным документом СНиП II-23-81\*. Целью настоящей работы является сравнение требований по расчету болтовых соединений по указанным двум нормативным документам.

Соединения, работающие на срез

Несущая способность болтового соединения резу:

$$\text{по ТКП EN 1993-1-8} - F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n_s,$$

$$\text{по СНиП II-23-81*} - N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s,$$

где  $\alpha_v f_{ub}$ ,  $R_{bs}$  – расчетное сопротивление болта срезу;