

DOI: 10.12737/article_5968b45087c0e0.75328134

*Роменский Д.И., канд. техн. наук, ст. преп.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Оржиховский А.Н., асс.
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

ПОДБОР СЕЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ РАМНО-КОНСОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НАД ТРИБУНАМИ СТАДИОНОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ

rdi777@bk.ru

В статье приведена методика подбора сечения стержневых стальных элементов рамно-консольных покрытий над трибунами стадионов с вместимостью до 5 тыс. человек с учетом требований надежности. Предложен алгоритм вычисления реальных коэффициентов условий работы для наиболее ответственных элементов конструкции на примере стадиона ФК «Олимпик» в г. Донецке. В качестве стохастических параметров при расчете характеристик надежности рассматриваются снеговая нагрузка, площадь сечения элементов, предел текучести материала, просадки основания, монтажные несовершенства и дефекты. Для данных величин, основываясь на реальных экспериментальных данных, приведены наиболее оптимальные законы распределения и характеристики предложенных распределений.

Ключевые слова: стационарные покрытия над трибунами стадионов, надежность, металлоконструкции, случайная величина, закон распределения, коэффициент условий работы.

Введение. На данный момент проектирование стальных рамно-консольных стационарных конструкций покрытий над трибунами стадионов базируется на методе предельных состояний. Данный метод лежит в основе таких нормативных документов в области строительства как ДБН (Украина), СП (Россия), EUROCODE (Евросоюз), а также многих других. При использовании методики предложенной в этих документах возникает ряд спорных вопросов в области определения надежности конструкции. Метод предельных состояний требует сопоставления расчетного напряжения в элементе (Q_p) с расчетным значением несущей способности (R_y). При выполнении условия $Q_p < R_y$, считается, что надежность обеспечена. Таким образом, надежность конструкций во всех расчетных случаях оказывается приблизительно одинаковой и зависит только от конструктивной схемы и материала конструкции. Пытаясь учесть этот недостаток норм, ДБН [14] и EUROCODE [18] ранжируют конструкции по классу последствий аварий (экономических и людских потерь) и категориям ответственности, а также приводят максимально допустимые вероятности отказа для этой классификации. Причем методика вычисления вероятности отказа приведена крайне обобщенной и не имеет четкой структуры или алгоритма действий. Поэтому значение вероятности отказа запроектированной конструкции, как правило, остается неизвестным для инженера. Учитывая все выше сказанное можно сказать, что современные

нормы проектирования для уникальных и конструкций повышенной ответственности нуждаются в доработке, для таких конструкций предлагается выполнять численный расчет надежности и живучести на стадии проектирования, с учетом таких случайных величин и факторов как расчетное сопротивление материала, монтажные несовершенства и дефекты, величины временных нагрузок (в частности снеговой), просадки основания.

Выполняя анализ литературы по этому вопросу можно сказать, что ряд авторов рассматривает проблему обеспечения надежности строительных систем в основном как конструктивную (требуемый уровень обеспечивается использованием более прочных материалов либо наиболее надежных конструктивных схем) [22]. Данный подход не всегда может быть применим с точки зрения экономических требований, выдвигаемых к конструкции, к тому же открытым остается вопрос численного определения показателей надежности. Он рассмотрен в ряде работ [1, 2, 3, 19, 20, 21]. Данные авторы предлагают различные методики вычисления показателей надежности (в некоторых случаях даже с приведением примеров расчета), но для сложных много раз статически неопределимых систем они тяжело реализуемы, а в некоторых случаях нереализуемы вообще. Так же данная тема обширно освещена в работах А.В. Перельмутера [6] и С.Ф. Пичугина [7] под руководством, которых была проведена большая исследовательская работа в этом направлении, использованная в дальнейшем в

ДБН [13, 14]. К сожалению, авторы не привели единого метода вычисления показателей надежности. Выше перечисленные работы базируются на классических трудах (в этой области) Г. Шпете, В.Д. Райзера, А. Р. Ржаницына, В. В. Болотина [8, 9, 10, 11]. В них детально разобрана методика вычислений вероятности отказа и характеристики безопасности (как показателей надежности системы), но также на примере простых конструкций, что вызывает ряд спорных моментов при расчете данных показателей для сложных многоэлементных систем.

В данной статье предложена методика подбора поперечных сечений стержневых элементов стальных рамно-консольных стационарных покрытий над трибунами стадионов с учетом нижней границы надежности наиболее ответственных стержней.

Методы исследования. При расчете конструкций по методу предельных состояний задача обеспечения заданного уровня надежности ложится на ряд коэффициентов надежности. Для уникальных конструкций (какими являются стационарные покрытия над трибунами стадионов) их значения, как правило, указаны некорректно, либо не рассматриваются вообще. Таким образом, требования надежности для таких конструкций могут быть не выполненными в полной мере.

Как известно из работ Ржаницына А.Р., Шпете Г., Райзера В.Д., основное уравнение безотказности работы конструкции имеет вид:

$$\hat{Y}(t) = \hat{R}(t) - \hat{S}(t) > 0; \quad (1)$$

где $\hat{R}(t)$ – обобщенная несущая способность конструкции или элемента; $\hat{S}(t)$ – обобщенная нагрузка на конструкцию (напряжения в элементе); $\hat{Y}(t)$ – характеристика резерва прочности или резерва несущей способности;

Вероятность отказа может быть представлена в виде интеграла:

$$Q(t) = \int_0^{\infty} R(t) p_S(t) dt; \quad (2)$$

где $R(t)$ – функция распределения вероятности случайной величины R ; $p_S(t)$ – плотность распределения вероятностей случайной величины.

В качестве случайных величин (для задачи, приведенной в статье) рассматриваются расчетное сопротивление материала, геометрические характеристики плоских сечений элементов конструкции, величины временных нагрузок (в частности снеговой), просадки основания [4, 10].

Так как система много раз статически неопределима, наиболее целесообразно вычислять показатели надежности для наиболее ответственных элементов. С этой целью производится

итерационный геометрически нелинейный расчет конструкции. Итогом, которого, является список элементов, поочередно вышедших из строя. Критерием отказа предлагается рассматривать наступление первого предельного состояния в каждом стержне в частности, так как для рассматриваемых конструкций переход через второе предельное состояние не повлечет за собой таких масштабных экономических и человеческих последствий.

Для выбранных в предыдущем этапе расчете элементов выполняется итерационный расчет с учетом указанных случайных величин. Таким образом, формируется выборка напряжений для рассматриваемой группы стержней ($\hat{S}(t)$). Выборка должна иметь значительный объем. Исследуя эту проблему ряд авторов (Райзер, Шпете, Пичугин) приводят числа в интервале 10^4 - 10^8 .

В качестве второй составляющей уравнения №1 выступает случайная величина характеристики сопротивления материала конструкции (предел текучести) $\hat{R}(t)$. Которое сформирована на основе анализа статистических данных полученных на металлургических заводах.

Полученные две обобщенных случайных величины обрабатываются методами математической статистики. Определяются их законы и плотности распределения. В случае невозможности или трудности выполнения данной задачи рекомендуется подобрать наиболее соответствующее распределение и аппроксимировать случайную величину с точностью удовлетворяющей расчет. Зная виды распределения случайных величин, вычисляются их характеристик (математическое ожидание, стандартное отклонение).

Оперируя плотностью, законами и характеристиками распределений вычисляются вероятности отказа группы выбранных элементов. Определенная вероятность отказа является нижней границей отказа [11]. То есть полученная для системы, у которой все элементы включены в работу последовательно и выход из строя одного стержня повлечет за собой выход из строя всей системы. Существует еще верхняя граница отказа, в ней предполагается последовательное включение элементов в работу, но вероятность отказа в этом случае значительно выше и ее мы рассматривать не будем.

Насчитанные характеристики надежности сравниваются с нормативными, с учетом ответственности рассматриваемой конструкции. В случае удовлетворения требований надежности расчет заканчивается. Если надежность не обеспечена, пересчитываются частные коэффициенты надежности и решается обратная задача, целью которой, становится определить требуемое

значение математического ожидания напряжений в элементах конструкций, а от него перейти к требуемым площадям стержней. Конструкция с переопределенными размерами сечений пересчитывается заново по выше описанному алгоритму. Итерации ведутся до момента удовлетворения условий прочности рассматриваемой группой элементов.

Подобранные по приведенной методике сечения стержней стальных рамно-консольных покрытий над трибунами стадионов удовлетворяют не только требованиям расчета по предельным состояниям, но и соответствуют заданному уровню надежности

Объект исследования. Рассмотрим методику подбора сечений стальных рамно-консольных стационарных покрытий над трибунами стадионов на примере уже эксплуатируемого деформационного блока покрытия южной трибуны главного игрового поля ФК Олимпик в городе Донецке.

Конструктивная схема стационарного покрытия представляет собой стержневую систему, выполненную из «Г»-образных плоских консольных рам (в качестве основных несущих конструкций) установленных с шагом 6 м., связанных между собой ферменными связями и прогоном на консоли. Все узлы принимаются жесткими; следовательно, конструкция является много раз статически не определимой системой. Крепление к фундаменту конструктивно выполнено таким образом, что в расчетной схеме целесообразно рассматривать его как жесткую заделку (рис. 1).



Рис. 1. Конструкция стационарного покрытия над трибунами стадиона ФК «Олимпик»

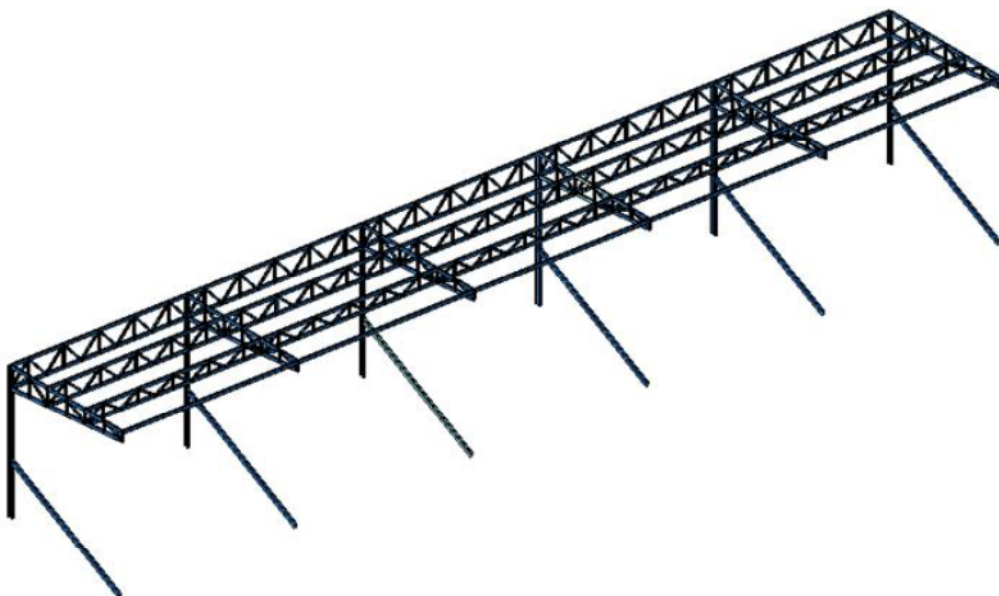


Рис. 2. Конструктивная схема рамно-консольного покрытия

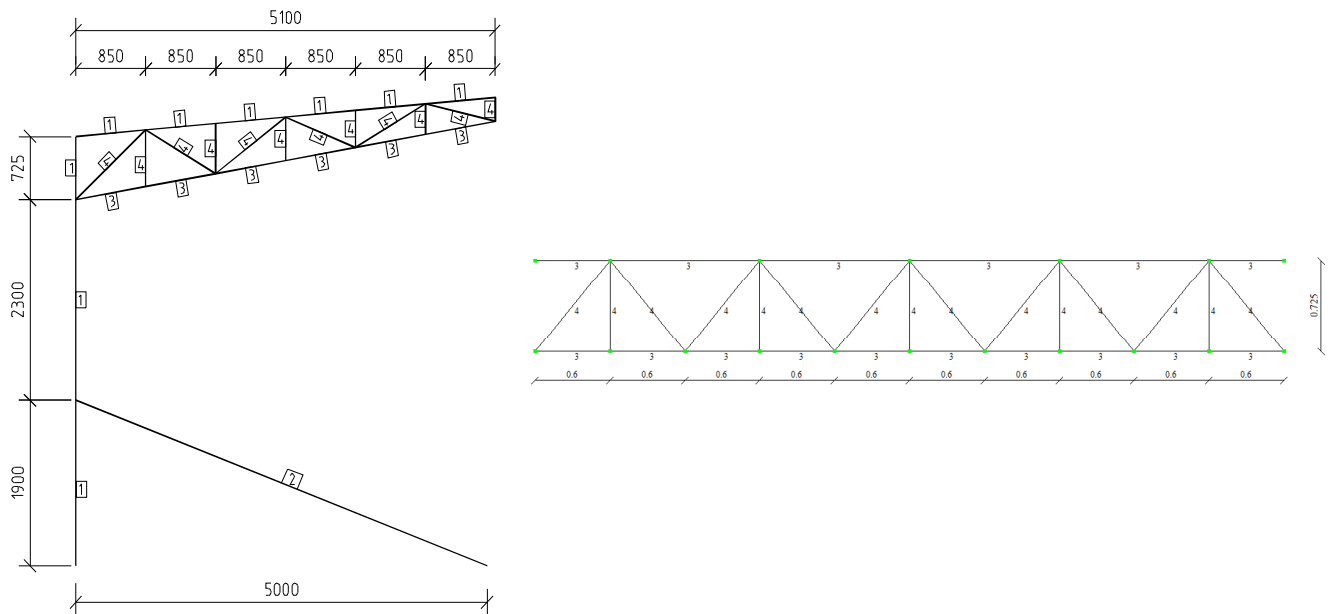


Рис. 3. Геометрическая схема плоской рамы и ферменной связи с указанием номеров жесткостей элементов конструкции

Таблица 1

Сечения конструкции покрытия над трибунами стадиона СК «Олимпик»

№	Название	Размер
1	Двутавр	II №16
2	Швеллер	I №16
3	Гнuto-сварная прямоугольная труба	□ 100×60×3
4	Гнuto-сварная квадратная труба	□ 60×2,5
5	Гнuto-сварная прямоугольная труба (прогон на консоли)	□ 200×60×4,5

Алгоритм исследования. Универсального программного продукта для решения поставленной задачи на данный момент авторами не найдено. Поэтому, был создан ряд программ, написанных на высокоуровневом интерпретируемом языке программирования MATLAB. Все ниже приведенные расчеты были реализованы в них. Проверку и отладку программного комплекса выполняли с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2013.

Весь созданный программный комплекс целесообразно разбить на 2 блока:

1. Определение наиболее ответственных элементов в конструкции, которые будут определять ее надежность в целом.

2. Формирование выборки напряжений группы наиболее ответственных элементов системы. Обработка выборок напряжений и расчётного сопротивления методами математической

статистики. И вычисление критериев надежности.

Рассмотрим каждый из них более детально на примере описанной конструкции.

Блок 1

Нелинейный расчет конструкции основывается методе конечных элементов в пространственной постановке. Геометрическая нелинейность работы конструкции учтена следующим образом:

1) На каждой итерации обновляются координаты узлов с учетом их перемещения в предыдущей.

2) Напряжения, возникшие в предыдущей итерации от смещения узлов конструкции, учитываются на этапе формирования матрицы жесткости элемента путем ввода функций Новожилова В.В.

К рассмотренному покрытию прикладывают снеговую нагрузку (приведа ее к узловой) и производится итерационный расчет до момента достижения заданного количества элементов, вышедших из строя. На каждом цикле расчета дополнительно прикладывается нагрузка 1 кН. Если на предыдущем цикле какой-либо элемент вышел из строя, он исключается из системы и она пересчитывается заново без приложения дополнительной нагрузки. Таким образом, учитывается явление лавинообразного разрушения (рис. 4).

У рассматриваемого покрытия на четвертой итерации вышли из строя элементы 32, 33, 60, 61,88, 89, 116,117 (рис. 5–8)

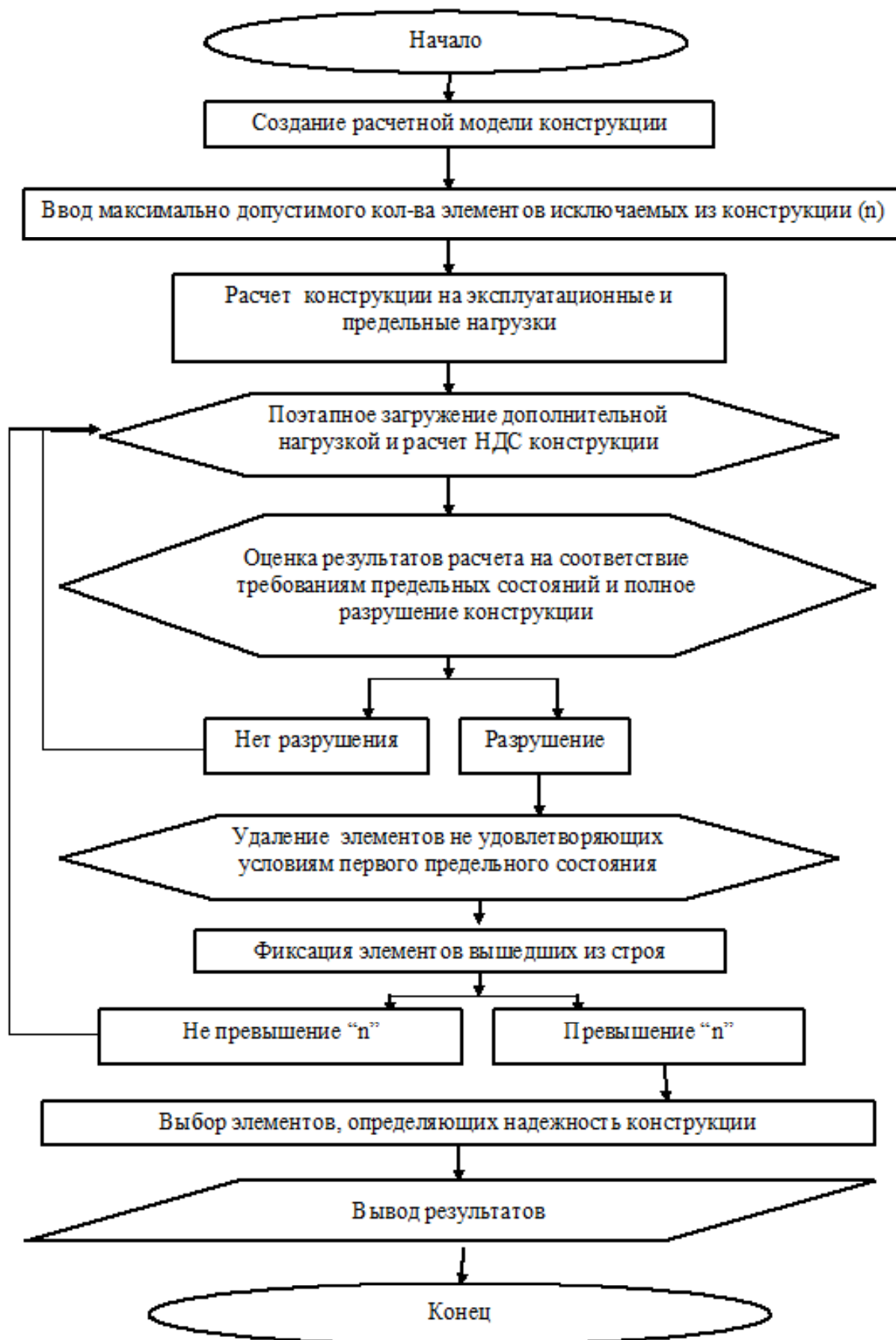


Рис. 4. Блок схема определения наиболее ответственных элементов конструкции

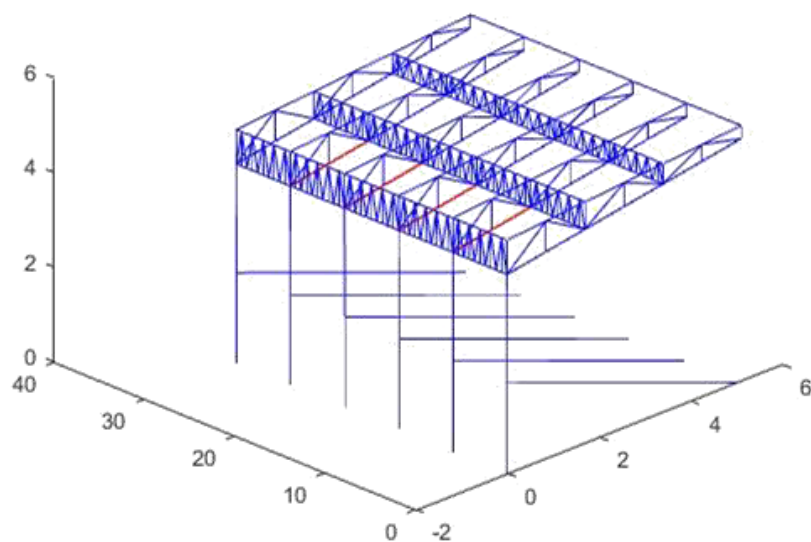


Рис. 5. Элементы конструкции, вышедшие из строя на 4 цикле расчета

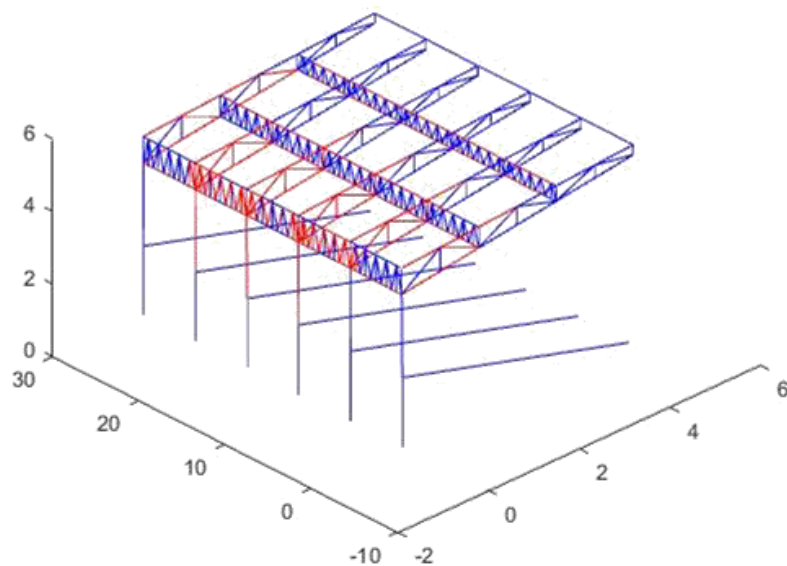


Рис. 6. Элементы конструкции, вышедшие из строя на 5 цикле расчета

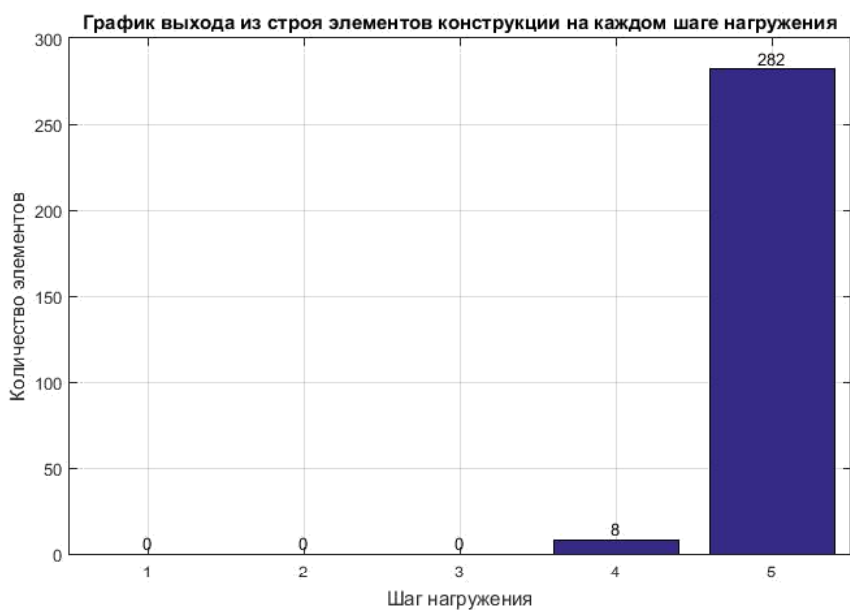


Рис. 7. График выхода из строя элементов конструкции на каждом шаге нагружения

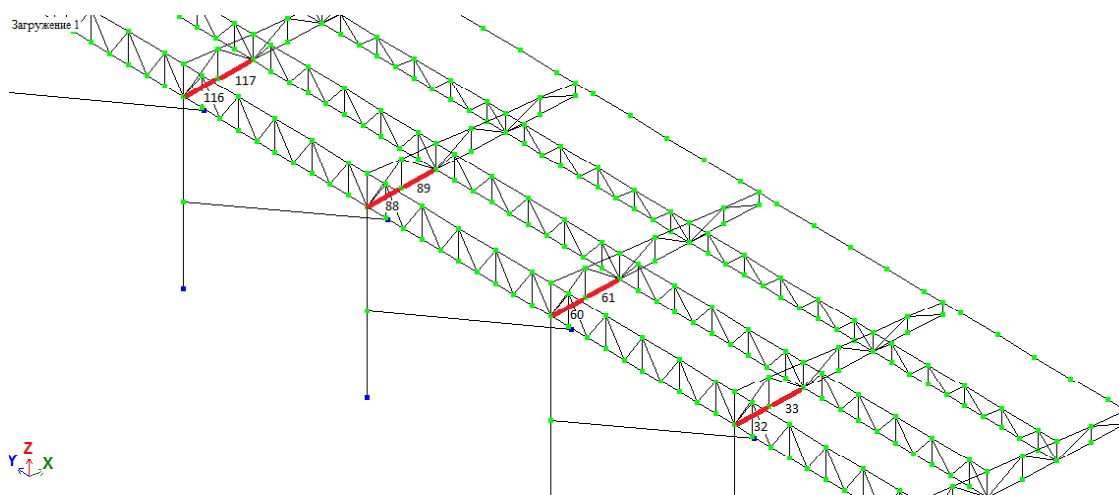


Рис. 8. Положение стержней, определяющих надежность конструкции

Блок 2

Моделирование снеговой нагрузки.

Снеговая нагрузка как случайная величина принималась с двойным экспоненциальным законом распределения Гумбеля. Методом математической инверсии, было получено выражение насчитывающее выборку значений снеговой нагрузки для Донецкого региона.

$$S = 521.48 - 270.413 \cdot \ln(-1.0 \cdot \ln(R + 0.0375)) \quad (3)$$

где R – генератор равномерной случайной величины в пределах [0...0,935].

Необходимые параметры распределения Гумбеля получены путем анализа статистики снеговых максимумов за год в течении 40 лет (11). Анализируя выражение «3» видно что должно выполняться условие $\ln(R + 0.0375) < 0$,

чтобы значение снеговой нагрузки не перешли в область комплексных чисел. При использовании максимального значения $R=0,935$ этого не произойдет. Данное выражение насчитывает снеговую нагрузку в пределах от 200 до 1500 Па, что соответствует характеру нагрузки для рассматриваемого региона.

Моделирование прочностных характеристик материала и геометрических характеристик сечений.

Геометрические характеристики плоских сечений и прочностные характеристики генерируются на основании анализа металлопроката двух металлургических заводов: «Луганский трубный завод» и «ПАО Днепропетровский металлургический завод им. Коминтерна» (5).

Таблица 2

Стохастические характеристики размеров сечений гнutosварных труб (ГОСТ 8645-68), полученные опытным путем

№	Сечение	Кол-во замеров	Толщина стенки (мм)		Высота сечения (мм)		Ширина сечения (мм)	
			Мат. ожид.	Ст. откл.	Мат. ожид.	Ст. откл.	Мат. ожид.	Ст. откл.
1	60×40×3	250	2,96	0,25	58,98	1,48	38,77	2,15
2	120×60×3	250	2,98	0,19	118,07	3,98	58,39	2,79
3	100×100×3	250	2,93	0,26	99,13	5,60	98,34	5,85
4	100×60×3	250	2,89	0,23	97,51	5,63	57,79	1,71

Выборка прочностных свойств сечения и выборки геометрических замеров всех сечений были подвергнуты χ^2 - анализу, на предмет возможности аппроксимации распределения случайных величин «нормальным законом распределения», по критерию Пирсона. Анализ показал, что распределение каждой из случайных величин отличается от нормального не более чем на 5 % (был задан уровень значимости 0,05). Следовательно, можно считать данные случайные величины подчиняющимися нормальному закону распределения.

Моделирование геометрических несовершенств и просядок основания.

Просадки фундаментов и геометрическую неточности конструкции учли путем анализа геодезической съемки южной трибуны главного игрового поля ФК «Олимпик». Съемка геометрии конструкции проходила в два цикла и дала результаты, отображенные в гистограмме (рис. 11). Данные учтены на этапе формирования локальных матриц жесткости расчетной схемы конструкции.

Таблица 3

Значения прочностных характеристик сечения гнутосварных труб (ГОСТ 8645-68) полученные опытным путем

№	Сечение	Сталь	Мат. ожид.		Стандарт		Числ. станд. (μ)	Эксп. знач. (МПа)		Нормативное значение (МПа)	
			$\overline{\sigma}_B$	$\overline{\sigma}_{0,2}$	$\hat{\sigma}_B$	$\hat{\sigma}_{0,2}$		R_{ym}^n	R_{un}^n	R_{ym}	R_{un}
1	60×40×3	Ст3пс	482,58	317,44	22,38	35,15	3,15	206,72	411,50	225	370
2	120×60×3	Ст3пс	443,67	332,21	31,07	22,07	3,15	262,69	345,80	225	370
3	100×100×3	Ст1пс	428,85	323,63	28,53	31,88	3,15	223,21	338,98	-	-
4	100×60×3	Ст3пс	418,54	379,03	25,84	29,46	3,15	286,23	337,14	225	370

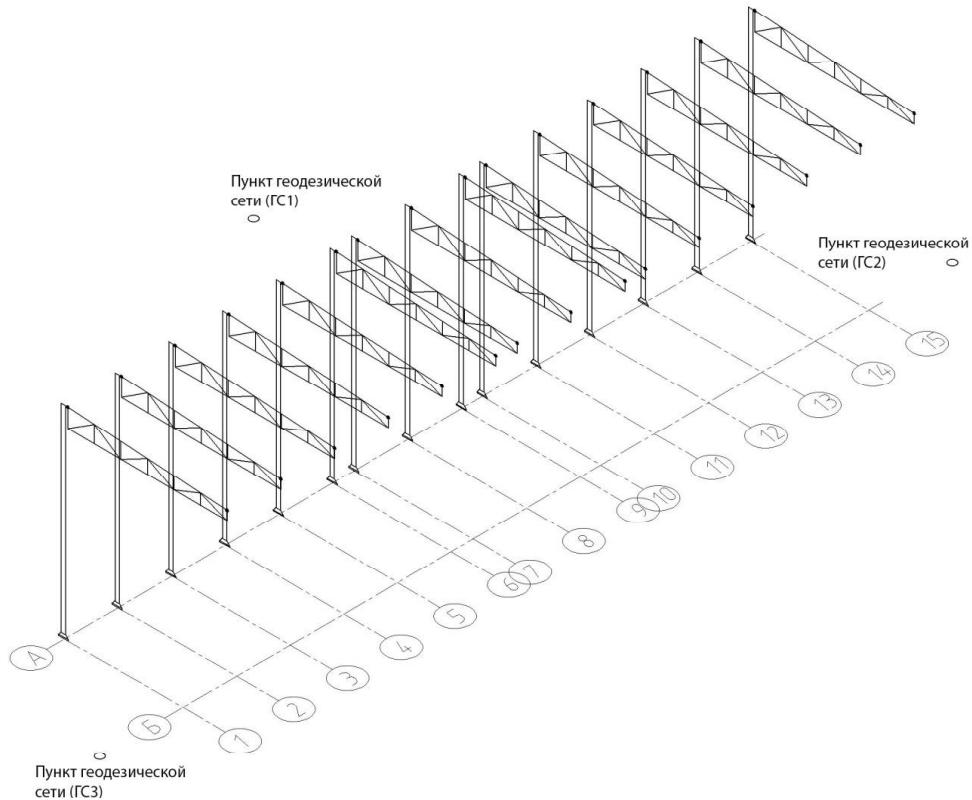


Рис. 9. Схема геодезической сети для мониторинга конструкций трибун стадиона

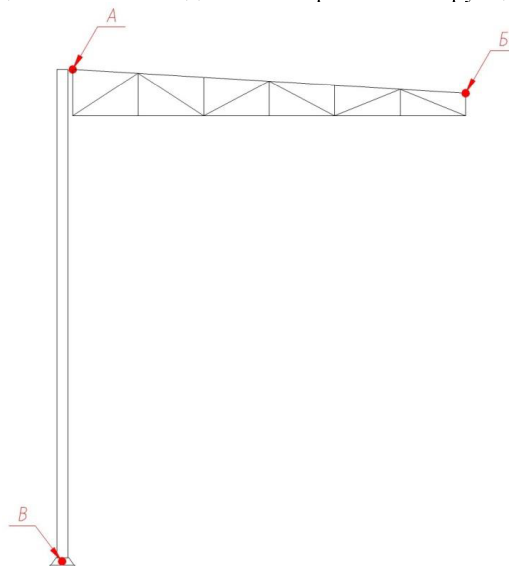


Рис. 10. Схема контрольных точек на конструкциях трибун

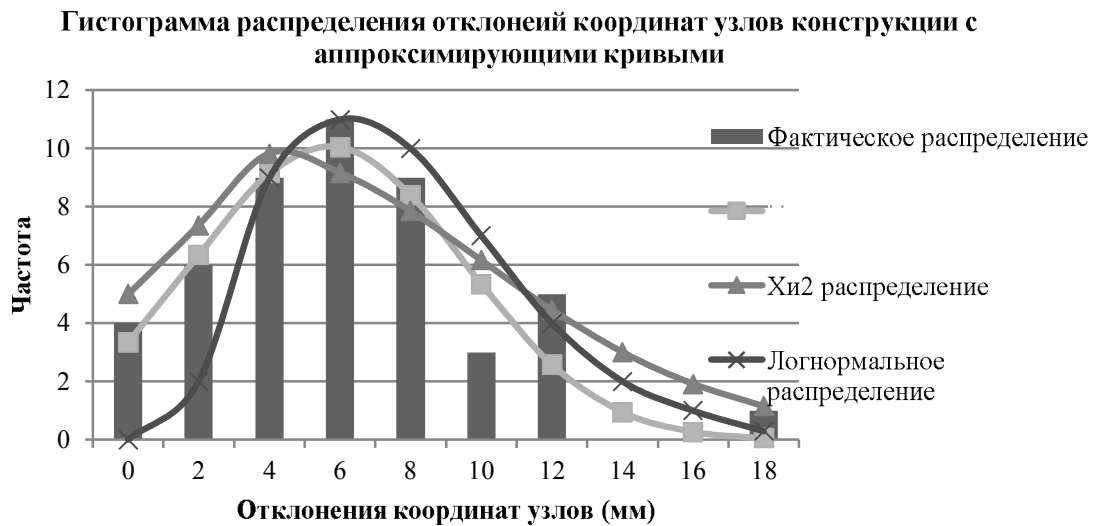


Рис. 11. Гистограмма распределения отклонений координат узлов конструкции с аппроксимирующими кривыми

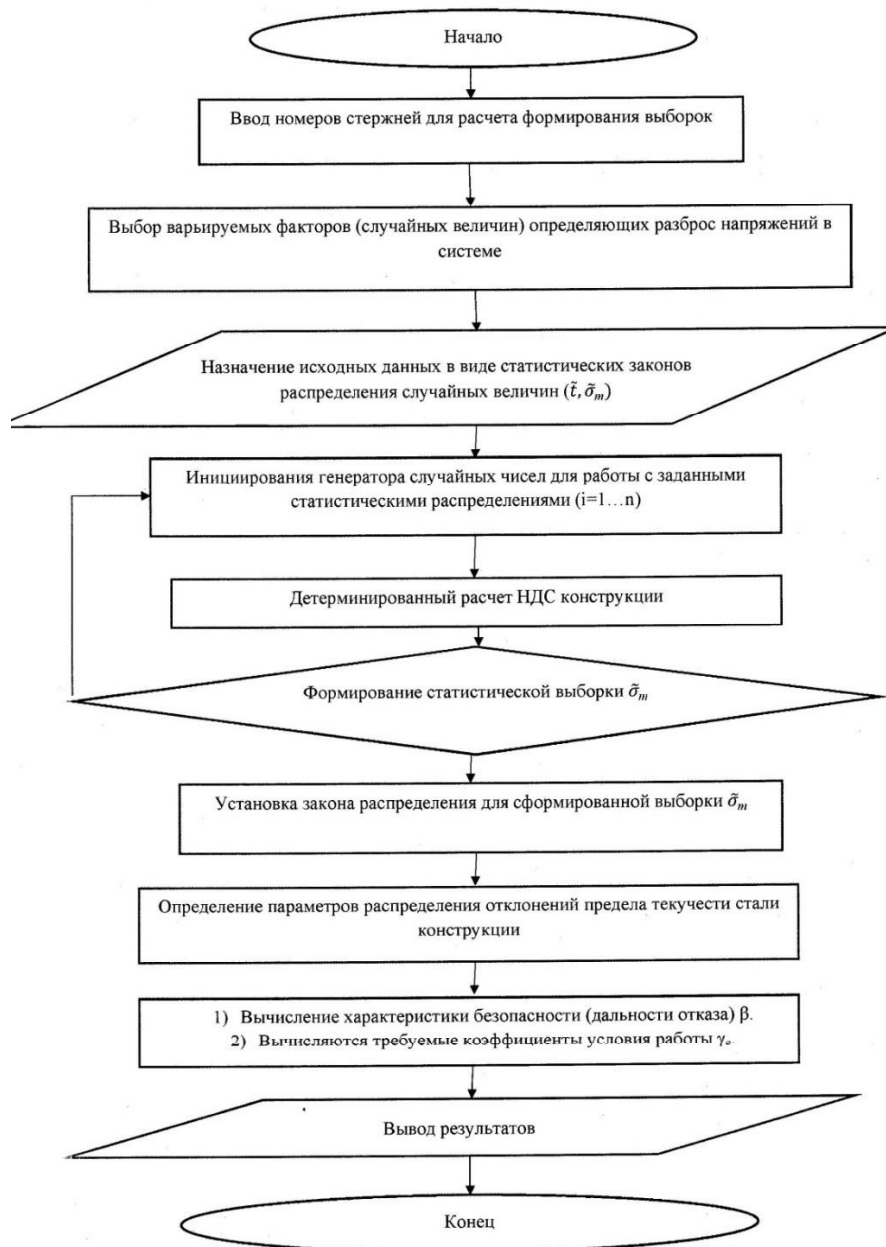


Рис.12. Блок-схема алгоритма определения критериев надежности стационарных равно-консольных покрытий над трибунами стадионов

Зная законы распределения всех рассматриваемых стохастических величин, используя генератор случайных чисел, формируем выборки в объёме 10000. Далее, используя детерминированный расчет на основе метода конечных элементов, насчитываются выборки напряжений в рассматриваемых восьми элементах.

Полученные случайные величины напряжений и предела текучести анализировались методами мат статистики (ХИ2-анализ, критерий Шапиро-Уилка). Так как полученные выборки напряжений в стержнях и предела текучести аппроксимируются нормальным законом распределения, в качестве вероятностной характеристики вычислялась характеристика безопасности β (дальность отказа). Блок схема расчета представлена на рисунке 12.

Результаты исследования. Полученные значения β сопоставляем с нормативными (14). Требования норм не выполняются ($\beta \geq \beta_i^{ex}$). Вычисляем требуемое значение математического ожидания площади элементов. Принимаем новые сечения и полностью пересчитываем второй блок программы с учетом вычисленных коэффициентов условий работы. Результаты расчета сведены в таблицу 4. Анализируя полученные результаты можно заметить: 1) явно прослеживается симметрия конструкции; 2) насчитанные значения γ_c в значительной мере отличаются от рекомендованных нормами ДБН для конструкций повышенной ответственности (класс последствий “СС3”, категория ответственности “А”)

Таблица 4

Результаты подбора площади сечения элементов конструкции с учетом требований надежности

Итерация № эле- мента	№1			№2			Нормативные значения	
	Сечения	$\beta_{расч}$	γ_c	Сечения	$\beta_{расч}$	γ_c	γ_c (ДБН)	β_i^{ex} (ДБН)
32	□ 100×60×3	4,4255	0,9729	□ 100×60×5	4,9827	0,9734	0,9	4,76
33	□ 100×60×3	4,6404	0,9742	□ 100×60×5	5,1573	0,9748		
60	□ 100×60×3	4,0775	0,9708	□ 100×60×5	4,7634	0,9712		
61	□ 100×60×3	4,2966	0,9722	□ 100×60×5	4,8135	0,9725		
88	□ 100×60×3	4,0775	0,9708	□ 100×60×5	4,7634	0,9712		
89	□ 100×60×3	4,2966	0,9722	□ 100×60×5	4,8135	0,9725		
116	□ 100×60×3	4,4255	0,9729	□ 100×60×5	4,9827	0,9734		
117	□ 100×60×3	4,6404	0,9742	□ 100×60×5	5,1573	0,9749		

Выводы.

1. Методика расчета по предельным состояниям не обеспечивает требуемого уровня надежности уникальных конструкций, каковыми являются стационарные стальные рамно-консольные покрытия над трибунами стадионов. Следовательно, можно сделать вывод о необходимости применения прямых методов теории надежности для подбора сечений элементов конструкции, определения показателей надежности и последующего уточнения значений γ_c .

2. Рекомендуемые нормами общие меры учета ответственности сооружения (учет коэффициента надежности по ответственности γ_n , класс последствий здания и сооружения, категории ответственности конструкций и их элементов) не всегда обеспечивают требуемый уровень надежности β_i^{ex} для сооружений повышенной ответственности. Для отдельных ключевых элементов конструкции, определяющих вероятность ее отказа, наиболее просто это сделать корректировкой значений коэффициента условий работы γ_c , но в существующей нормативной литературе

их значения предлагаются без такого учета степени ответственности сооружения и нуждаются в уточнении.

3. Так как нормативные документы в области строительства не дают четкого алгоритма расчета показателей надежности уникальных (да и каких-либо других) строительных конструкций, для стержневых систем стационарных покрытий над трибунами возможно применения предлагаемой методики как в части прямого вероятностного расчета конструкций, так и в части нормирования коэффициентов условий работы наиболее ответственных элементов конструкций, обеспечивающих требуемый уровень проектной надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Надольский В.В., Мартынов Ю.С. Оценка требуемого (целевого) уровня надежности на основании предыдущего опыта нормирования // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. Строительство: научно-теоретический журнал. 2014. № 8. С. 27–34.

2. Надольский В.В., Тур В.В., Голицки М., Сыкора М. Надежность строительных конструкций в свете требований европейских и российских нормативных документов по проектированию // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. №1. С. 164–168.
3. Краснощекоев Ю.В., Заполева М.Ю. Вероятностное проектирование конструкций по заданному уровню надежности // Вестник СибАДИ. 2015. №1 (41). С. 68–73.
4. Мушанов В.Ф., Анненков А.Н., Оржеховский А.Н. Учет вероятностного характера геометрических несовершенств формы пространственных покрытий над трибунами стадионов рамно-консольного типа // Металлические конструкции. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. 2014. Т. 20. №3. С. 169–178.
5. Мушанов В.Ф., Оржеховский А.Н. Экспериментальное исследование прочностных и геометрических характеристик гнutosварных труб прямоугольного сечения украинских производителей // Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2013. выпуск 2013-3(101). С. 9–12.
6. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. М.: Изд. АСВ, 2007. 254 с.
7. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий: монография. Полтава: Издательство «АСМІ», 2009. 452 с.
8. Ржаницын А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность. М.: Изд-во Стройиздат, 1978. 239 с.
9. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчётах сооружений. М.: Изд-во Стройиздат, 1981. 351 с.
10. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. Пер. с нем. Андреева О.О. М.: Изд-во Стройиздат, 1998. 288 с.
11. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. М.: Изд-во АСД, 1998. 304 с.
12. Кінаш Р.І., Бурнаєв О.М. Снігове навантаження в Україні: монографія. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1997. 848 с.
13. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 202 с.
14. ДБН В 1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 49 с.
15. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжения. М.: ИПК издательство стандартов, 1986. 40 с.
16. ГОСТ 8645-68. Трубы стальные прямоугольные. Сортамент. Межгосударственный стандарт. М.: ИПК издательство стандартов, 1991. 10 с.
17. ГОСТ Р 54257-2010. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. М.: Стандартиформ, 2011. 20 с.
18. Eurocode – Basis of structural design: EN 1990:2002+A1. – Brussels: Management Centre, 2002. 116 с.
19. Michael Havbro Faber. Statistics and Probability Theory // Swiss Federal Institute of Technology ETH, Zürich, Switzerland. 2012. P. 129–142.
20. Krejsa M., Janas P., Krejsa V., Application of the DOProC Method in Solving Reliability Problems. Applied Mechanics and Materials [Электронный ресурс]. 821:717-724, 2016. Vol. 821. P. 717-724, DOI: 10.4028 URL:www.scientific.net/AMM.821.717. (дата обращения: 10.05.2017)
21. Janas P., Krejsa M., Krejsa V., Bris R. Structural reliability assessment using Direct Optimized Probabilistic Calculation with respect to the statistical dependence of input variables. In: Proceedings of 25th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2015): Safety and Reliability of Complex Engineered Systems. CRC Press: Taylor & Francis Group, 2015.
22. Donova D., Zdrzilova N. The comparison of the probabilistic calculation of course of temperatures in peripheral construction with actual measured data. Advanced Materials Research [Электронный ресурс]. 2014. Vol. 1041. P. 154–157, DOI: 10.4028 URL: www.scientific.net/AMR.1041.154. (дата обращения: 10.05.2017).

Romensky D.I., Orzhekhovsky A.N.

SELECTION OF CROSS SECTION OF ELEMENTS OF STEEL FRAME-CONSOLE COVERINGS ON TRIBUNES OF STADIONS WITH REGISTRATION OF RELIABILITY REQUIREMENTS

The article presents a technique for selecting the cross-section of core steel elements of frame-cantilever coatings above the stands of stadiums with a capacity of up to 5 thousand people, taking into account the requirements of reliability. An algorithm is proposed for calculating the real coefficients of working conditions for the most important structural elements in the example of the stadium FC "Olimpic" in Donetsk. As stochastic parameters in the calculation of reliability characteristics, the snow load, cross-sectional area of elements, yield strength of material, subsidence of base, erection imperfections and defects. For these values, based on

real experimental data, the most optimal distribution laws and characteristics of the proposed distributions are given.

Key words: *Stationary cover over the stands of stadiums, reliability, metal structures, random value, law of distribution, coefficient of working conditions.*

Роменский Денис Игоревич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительной и теоретической механики.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

E-mail: rdi777@bk.ru

Оржеховский Анатолий Николаевич, магистр строительства, ассистент кафедры теоретической и прикладной механики.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

Адрес: Украина, 86123, Макеевка, ул. Державина, д. 2.

E-mail: aorzhehovskiy@bk.ru