

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АНГАРА ДЛЯ ДВУХ САМОЛЕТОВ AIRBUS A-380-800F

Евченко Светлана Вячеславовна

студент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, РФ, г. Нижний Новгород

Иванова Ольга Борисовна

доцент, канд. техн. наук, доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, РФ, г. Нижний Новгород

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE LOAD-BEARING STRUCTURES OF THE HANGAR FOR TWO AIRCRAFT AIRBUS A-380-800F

Svetlana Evchenko

Student, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Nizhny Novgorod

Olga Ivanova

Associate Professor, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Nizhny Novgorod

Аннотация. С каждым годом растет количество малой авиации - ее приобретают фермерские хозяйства, аэроклубы и частные лица для личного пользования. Не говоря уже о том, что вертолет давно вошел в категорию необходимого оснащения отрядов МЧС и медицинских центров. Бизнес-джет, самолет средних размеров, освоили крупные корпорации как транспорт представительского класса. Небо наполняется, но "ночуют" воздушные машины все-таки на земле, и всем им необходимы ангары. Основу каркаса составляет рама переменного сечения, выполненная из: 1 Вариант: Рама переменного сечения, выполненная из стали С245; 2 Вариант: Ригель рамы переменного сечения, выполнен из стали С345, а стойка рамы переменного сечения выполнена из стали С245; 3 Вариант: Рама переменного сечения, выполненная из стали С345.

А также каркас ангара выполненный из структурной конструкции системы «БрГТУ»: 1 Вариант: Стержни и коннекторы структурной конструкции, выполнены из стали С345; 2 Вариант: Стержни структурная конструкция, выполненная из стали С245, а коннекторы из стали С345.

Abstract. The number of small aircraft is growing every year - it is acquired by farms, flying clubs and private individuals for personal use. Not to mention the fact that the helicopter has long entered the category of necessary equipment for the Ministry of Emergencies and medical centers. Large-scale corporations mastered the business jet, a medium-sized aircraft, as a representative

transport. The sky is filled, but the air cars "sleep" all the same on the earth, and all of them need hangars. The frame is based on a frame of variable cross-section made of: 1 Option: Frame of variable cross-section made of C245 steel; 2 Option: The crossbar of a frame of variable cross section is made of C345 steel, and the rack of the frame of variable cross section is made of C245 steel; 3 Option: Frame of variable section, made of steel C345.

As well as the hangar frame made of the structural structure of the «БрГТУ» system: 1 Option: Rods and connectors of the structural structure, made of S345 steel; 2 Option: Structural structural rods made of steel C245, and connectors made of steel C345.

Ключевые слова: ангар для самолетов, конструктивные системы, рамные конструкции, конструктивная система «БрГТУ», расход стали.

Keywords: Aircraft hangars, Structural systems, Frame construction, Constructive system "БрГТУ", Steel consumption.

Цель: Произвести технико-экономический анализ конструктивных вариантов выполнения ангара для двух самолетов, по расходу стали, для выявления наилучшего варианта конструктивной схемы.

1.Рама переменного сечения

Рама переменного сечения (рис.1) рассчитывалась в 3 вариантах:

- 1 Вариант Рама переменного сечения, выполненная из стали C245
- 2 Вариант: Ригель рамы переменного сечения, выполнен из стали C345, а стойка рамы переменного сечения выполнена из стали C245.
- 3 Вариант: Рама переменного сечения, выполненная из стали C345.



Рисунок 1. Рама переменного

Статический расчет выполнен в программном комплексе «SCAD», основанном на методе конечного элемента, что вносит в него свои особенности.

Рассчитываться будет конструкция каркаса, которая состоит из двутавровых рам переменной жесткости. SCAD не обладает возможность задания таких сечений. Для выполнения расчета, используется метод разбиения элемента на более мелкие части постоянной жесткости [1, с. 51].

Рамная конструкция разделена на отправочные марки. (рис.3) Сечения располагаются по

границам отправочных марок и в середине [2, с.154]. На обрезе фундамента находится первое сечение, а в коньке рамы последнее.

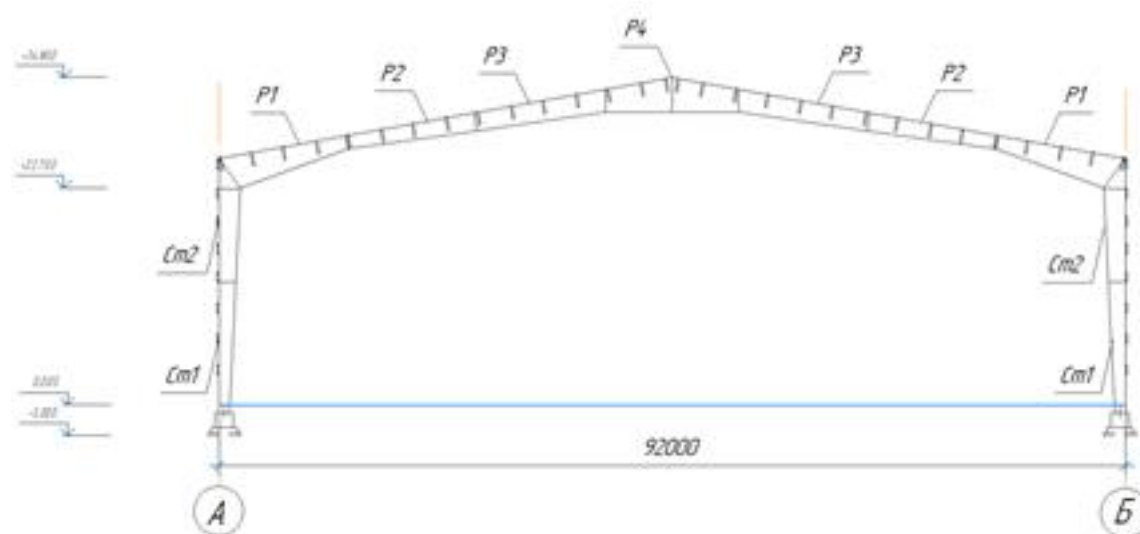


Рисунок 2. Отправочные марки рамной

Расчёт элементов выполняется согласно СП [3]. Сечения подбираются исходя из полученных усилий при центральном сжатии и при действии продольной силы с изгибом.

Расчёт на устойчивость элементов сплошного сечения при центральном сжатии силой N и удовлетворяющих требованиям 7.1 [3, с.10], следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1)$$

где: N – усилие в элементе, кН;

$\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы, принимается согласно [4];

φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии.

A – площадь поперечного сечения стержня;

R_y – расчётное сопротивление стали;

Расчёт на устойчивость стержней следует выполнять с учетом требований 7.3.2. [3, с.19] При определении гибкости стержней радиус инерции сечения и расчетную длину следует принимать согласно требованиям 10.3.1 и 10.3.3 [3, с.51].

Расчёт на прочность элементов сплошного сечения при действии продольной силы с изгибом. следует выполнять по формуле:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c \quad (2)$$

где: M_x - абсолютные значения изгибающего момента при наиболее неблагоприятном сочетании, кНм;

W_x - момент сопротивления сечения относительно оси x.

Затем подобранные сечения задаются в «SCAD». Снова производится линейный расчет, и т.к. полученные новые усилия отличаются меньше чем на 30%, от предыдущих. То уточненный подбор сечений рамной конструкции, не производится. [5]

Рассчитав общую массу рамной конструкции, для 1 варианта выполнения рамной конструкции расход стали составил: 1103,23 т. (табл.1). Для 2 варианта: 1044,11 т. (табл.2). И для 3 варианта: 967,95 т. (табл.3).

Таблица 1.

Ведомость отправочных элементов 1 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, т		Примечания
		шт.	общ.	
Ст1	32	4.945	158.24	Без учета деталей крепления
Ст2	32	7.492	239.74	Без учета деталей крепления
P1	32	8.116	227.71	Без учета деталей крепления
P2	32	4.820	154.24	Без учета деталей крепления
P3	32	6.784	217.09	Без учета деталей крепления
P4	16	6.638	106.21	Без учета деталей крепления
Общая масса рамной конструкции, т			1103.23	

Таблица 2.

Ведомость отправочных элементов 2 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, т		Примечания
		шт.	общ.	
Ст1	32	4.945	158.24	Без учета деталей крепления
Ст2	32	7.492	239.74	Без учета деталей крепления
P1	32	6.606	211.39	Без учета деталей крепления
P2	32	4.319	138.21	Без учета деталей крепления
P3	32	5.991	191.71	Без учета деталей крепления
P4	16	6.551	104.82	Без учета деталей крепления
Общая масса рамной конструкции, т			1044.11	

Таблица 3.

Ведомость отправочных элементов 3 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, т		Примечания
		шт.	общ.	

Ст1	32	4.500	144.00	Без учета деталей крепления
Ст2	32	5.557	177.82	Без учета деталей крепления
P1	32	6.606	211.39	Без учета деталей крепления
P2	32	4.319	138.21	Без учета деталей крепления
P3	32	5.991	191.71	Без учета деталей крепления
P4	16	6.551	104.82	Без учета деталей крепления
Общая масса рамной конструкции, т			967.95	

Вывод: Сравнив три рассмотренных варианта, наименьший расход стали имеет 3 вариант выполнения рамной конструкции, т.е. можно сказать что экономически-целесообразным решением, является выполнение рамной конструкции ангара из стали С345.

2. Структурная конструкция ангара

Структурная конструкция рассчитывалась в 2 вариантах:

1 Вариант: Стержни и коннекторы структурной конструкции, выполнены из стали С345;

2 Вариант: Стержни структурной конструкции, выполненная из стали С245, а коннекторы из стали С345.

Стержни конструкции работают на центральное сжатие или растяжение. Проверка производится по прочности, устойчивости и гибкости. Растянутые стержни проверяют на прочность, сжатые - на устойчивость.

Проверка на устойчивость центрально-сжатых элементов:

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

где φ - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый по таблице Д.1[3] в зависимости от условной гибкости и типа сечения (круглая труба - сечение «а»)

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E} - \text{условная гибкость стержня}$$

$$\lambda = l_{ef} / i$$

где: - гибкость стержня

$$i - \text{радиус инерции сечения элемента, см;}$$

$$l_{ef} - \text{расчетная длина элемента, см.}$$

Гибкости элементов не должны превышать значений, указанных в таблицах 32 и 33 [3]. В

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha$$

данном случае для сжатых стержней имеем

$$\alpha = N / \varphi A R_y \gamma_c - \text{коэффициент, принимаемый не менее 0,5}$$

Вывод: Рассчитав вес структурной плиты из сталей С345 и С245, для 1 варианта выполнения

ангара (С345) расход стали составил: 775 т. (табл.4). Для 2 варианта(С245): 871 т. (табл.5).

Таблица 4.

Расход стали 775 т.				
Наименование профиля, ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля, мм	Масса металла по эл-там конструкции, т	
			стержень	прочее
1	2	3	4	5
Круглые трубы ГОСТ Р 57157-2010	С345	Ø244.5x7.0	10	
		Ø219.0x7.0	79	
		Ø193.7x7.0	61	
		Ø177.8x4.0	6	
Круглые трубы ГОСТ Р 57157-2010		Ø168.0x3.8	4	
		Ø159.0x5.0	112	
		Ø152.0x4.5	36	
		Ø102.0x4.0	58	
		Ø89.0x3.0	26	
		Ø50.0x2.8	102	
Конекторы	С345	Ø160		29
		Ø212		40

Таблица 5.

Расход стали 871 т.				
Наименование профиля, ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля, мм	Масса металла по эл-там конструкции, т	
			стержень	прочее
1	2	3	4	5
Круглые трубы ГОСТ Р 57157-2010	С245	Ø273.0x8.0	11	

Круглые трубы ГОСТ Р 57157-2010	С345	Ø244.5x8.0	102		
		Ø219.0x8.0	79		
		Ø177.8x5.0	7		
		Ø168.0x5.0	5		
		Ø159.0x5.0	155		
		Ø102.0x5.5	79		
		Ø89.0x5.5	34		
		Ø57.0x3.0	84		
		Ø50.0x3.0	34		
Конекторы	С345	Ø160		29	
		Ø212		40	
				ИТОГО:	

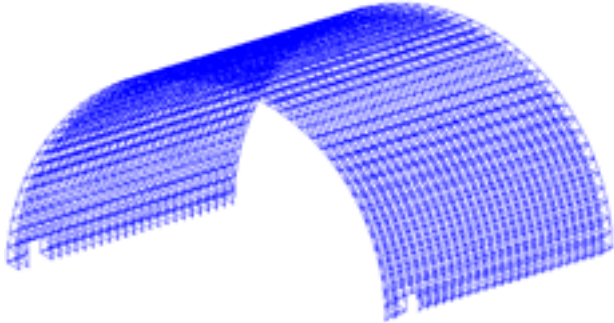
В ходе сравнения этих двух конструктивных вариантов можно смело сказать, что рационально использовать сталь С345 для менее затратного процесса изготовления ангара.

3. Выбор наилучшего конструктивного решения для ангара

Исходя из вышесказанного, наименее затратными остались варианты выполнения ангара из рамы переменного сечения из стали С345, и ангар из структурной конструкции системы «БрГТУ». Сравнение этих вариантов можно увидеть в табл.6.

Таблица 6.

Сравнение вариантов

Схема ангара	Сталь	Общая масса, т
	Рамная конструкция из стали С345	967.95
	Структурная конструкция системы «БрГТУ» из стали С345	563.00

Вывод: в данной работе были рассмотрены различные конструктивные варианты выполнения ангара для двух самолетов Airbus A-380-800F. И наилучшим, экономически-выгодным вариантом, стал вариант выполнения ангара, в виде структурной плиты, системы «БрГТУ».

Список литературы:

1. Катюшин В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство).-М.: ОАО «Издательство Стройиздат», 2005.-656 е.:ил.
2. Металлические конструкции. В 3 т. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. заслуж. Строителя РФ, лауреата госуд. премии СССР В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова) - М.: изд-во АСВ, 1998. - 512 стр. с илл
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*: свод правил: утв. Минрегион России 27.02.17: дата введ. 28.08.17.-М. :Минрегион Росиии, 2017.- 147 с.
4. СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций. -свод правил: утв. ЦНИИСК им.Кучеренко 10.09.2004: дата введ. 01.01.05. ЦНИИСК им.Кучеренко, -138с.
5. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.; под ред. Ю.И. Кудишина. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 688 с.