

Технико-экономический анализ по расходу стали трех конструктивных вариантов выполнения ангара для двух самолетов Airbus A380

Евченко С. В. - студент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, e-mail: evchenko1997@mail.ru

Иванова О.Б. - кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород

Аннотация: Самолётов с каждым годом становится всё больше и больше. Им нужны ангары, для охраны, ремонта и обслуживания. Основу каркаса составляют шестнадцать поперечных рам пролётом 92 м. Длина ангара составляет 168м., а ширина 92м. Пролет достаточно большой поэтому для экономической целесообразности применяется в качестве несущей конструкции - рама переменного сечения, сварная. Отметка низа конструкции рамы + 30,500. В поперечном сечении рамы лежит сварной двутавр. Полки и стенки двутавра переменны. Сопряжение колонн ангара с ригелем принято жесткое. А к фундаменту рама крепится на болтах через опорную плиту, таким образом, место крепления рамы представляет собой шарнирный узел. По рамам устраиваются решетчатые прогоны ПР-16,5 по серии 1.462.3-17/85 с шагом 3,5 м, пролетом 12 м. В данной работе рассмотрены 3 варианта выполнения рамной конструкции, меняется марка стали соответственно изменяются поперечные сечения конструкции. В 1 варианте будет использоваться рама переменного сечения, выполненная из стали С245, во 2 варианте ригель рамы из стали С345, а стойки из С245. А в 3 варианте вся рамная конструкция будет выполнена из стали С345.

Ключевые слова: ангар для самолетов, конструктивные системы, расход стали, рамные конструкции.

Technical and economic analysis of steel consumption in three constructive hangar variants for two Airbus A380 aircraft

Evchenko S. V. - student, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, e-mail: evchenko1997@mail.ru

Ivanova O.B. - candidate of technical Sciences, associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod

Abstract: Airplanes every year becomes more and more. They need hangars for security, repair and maintenance. The basis of the frame is sixteen transverse frames with a span of 92 m. The length of the hangar is 168 m. And the width is 92 m. The span is large enough therefore for economic expediency it is used as a supporting structure - frame of variable section, welded. Mark the bottom of the frame design + 30,500. In the cross section of the frame is welded I-beam. Shelves and walls of I-beams are variable. The mating of the hangar columns with the bolt was taken tough. And to the foundation, the frame is fastened on bolts through a base plate, thus, the place of fastening of the frame is a hinge. Frames are arranged for the PR-16.5 lattice girders for the series 1.462.3-17 / 85 with a step of 3.5 m and a span of 12 m. In version 1, a frame of variable cross-section made of C245 steel will be used; in version 2, a crossbar of a frame of C345 steel and a rack of C245 will be used. And in version 3, the entire frame structure will be made of steel C345.

Keywords: Aircraft hangars, Structural systems, Steel consumption, Frame construction.

Введение: «На сегодняшний день большепролетные рамные конструкции переменного сечения относятся к категории металлоконструкционных материалов достаточно широко и активно применяемых в различных зданиях и сооружениях: ангарах для самолетов, зрелищных и спортивных сооружениях, технологических зданиях и др.»[1]

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

При проектировании ангара используется рама переменного сечения (рис.1):

- 1 вариант Рама переменного сечения, выполненная из стали С245 (стенка и полки двутавра переменны)
- 2 Вариант: Ригель рамы переменного сечения, выполнен из стали С345 (стенка и полки двутавра переменны), а стойка рамы переменного сечения выполнена из стали С245 (стенка и полки двутавра переменны).
- 3 Вариант: Рама переменного сечения, выполненная из стали С345 (стенка и полки двутавра переменны)

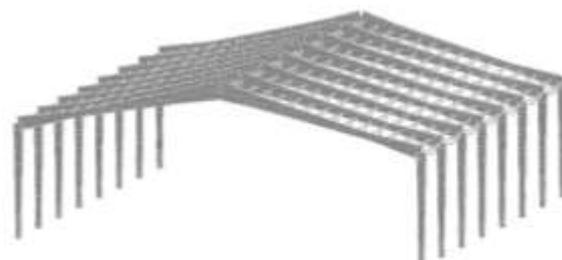
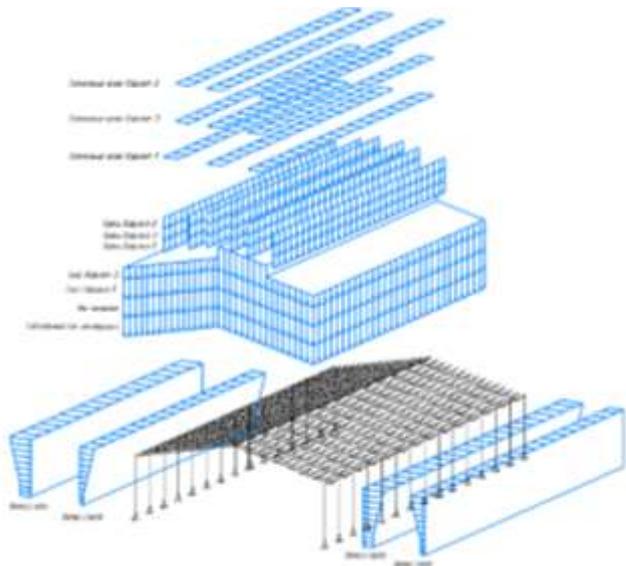


Рисунок 1. Рама переменного сечения

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

Определяются действующие виды нагрузок на здание согласно [2]: постоянные: собственный вес конструкции, нагрузка от веса покрытия; кратковременные: ветровая и снеговая нагрузки; крановые нагрузки: давление крана, торможение крана.



Задаются вычисленные нагрузки(рис.1) на раму в программный комплекс «SCAD» и производится линейный расчет. Тем самым становятся известны действующие расчетные сочетания усилий в каждом конечном элементе конструкции (табл.1).

Рисунок 2. Действующие нагрузки на рамную конструкцию

Таблица 1.

Расчетные сочетания усилий

Стойка	N	M_x	Q_y	M_y	Q_x
сеч1	-1520,01	0	625,198	0	-0,847
	-1516,44	0	626,438	0	-0,847
сеч2	-1490,63	4351,101	616,739	5,93	-0,847
	-1468,67	6653,64	617,98	5,93	-0,847
сеч3	-1445,87	7719,06	607,535	-10,589	0,847
	-1439,164	7734,18	608,874	-10,589	0,847
сеч4	-1418,06	10434,384	599,049	14,401	-0,847
	-1414,485	101455,463	600,289	14,401	-0,847
сеч5	-1362,26	13991,967	586,922	19,484	-0,847
	-1359,729	15190,145	587,162	19,484	-0,847
Ригель	N	M_x	Q_y	M_y	Q_x
сеч6	-860,39	-13409,145	-1155,87	-7,105	8,562
	-853,131	-13631,873	-1157,409	-7,105	8,562
сеч7	-839,095	-8639,314	-980,752	1,413	-1,76
	-821,208	-8862,34	-983,32	1,413	-1,76
сеч8	-803,029	-2758,43	-831,704	0,93	0,727
	-681,530	-3198,29	-732,22	0,93	-0,727
сеч9	-780,37	3649,27	-744,159	-1,563	-0,923
	-750,531	5518,213	707,838	-1,563	0,923
сеч10	-721,395	5334,18	-557,55	0,947	-0,935
	-704,029	8037,711	506,067	0,947	0,935
сеч11	-657,334	10366,59	262,02	0,834	1,036
	-644,837	11012,8	222,348	0,834	1,036
сеч12	-618,572	11686,566	-163,549	4,137	-1,483
	-605,572	11977,28	117,046	4,137	-1,483
сеч13	-570,644	11496,17	-65,47	-26,674	14,194
	-564,391	11678,09	-82,98	-26,674	14,194

Рамная конструкция разделена на отправочные марки. (рис.3) Сечения располагаются по границам и в середине каждой отправочной марки[3]. Первое сечение – на обресе фундамента, последнее в коньке рамы.

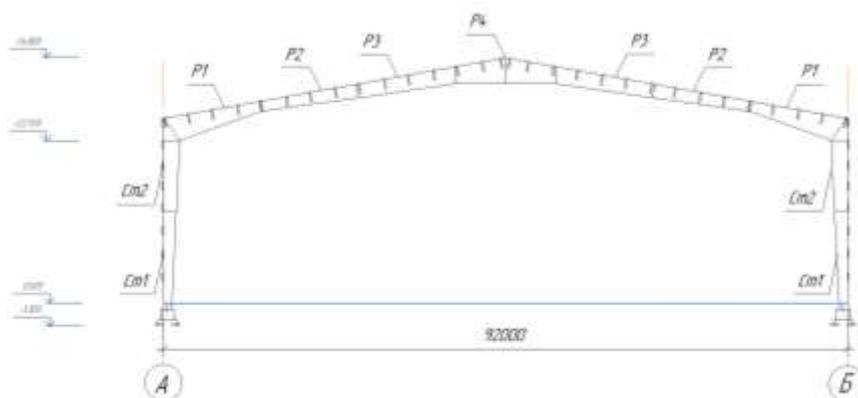


Рисунок 3. Отправочные марки рамной конструкции

Расчёт элементов выполняется согласно СП [4]. 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 [4, 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 [3];

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 При определении гибкости стержней радиус инерции сечения и расчетную длину следует принимать согласно требованиям 10.3.1 и 10.3.3[4, 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 вес каждой отправочной марки, для 1 варианта выполнения рамной конструкции расход стали составил: 70952 кг. (табл.2). Для 2 варианта: 65257 кг. (табл.3). И для 3 варианта: 60497 кг. (табл.4).

Таблица 2.

Ведомость отправочных элементов 1 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, кг		Примечание
		шт.	общ.	
Ст1	2	4945	9890	Без учета деталей крепления связей
Ст2	2	7492	14984	Без учета деталей крепления связей
P1	2	8116	16232	Без учета деталей крепления связей
P2	2	4820	9640	Без учета деталей крепления связей
P3	2	6784	13568	Без учета деталей крепления связей
P4	1	6638	6638	Без учета деталей крепления связей
Общая масса рамной конструкции, кг			70952	

Таблица 3.

Ведомость отправочных элементов 2 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, кг		Примечание
		шт.	общ.	
Ст1	2	4945	9890	Без учета деталей крепления связей
Ст2	2	7492	14984	Без учета деталей крепления связей
P1	2	6606	13212	Без учета деталей крепления связей
P2	2	4319	8638	Без учета деталей крепления связей

P3	2	5991	11982	Без учета деталей крепления связей
P4	1	6551	6551	Без учета деталей крепления связей
Общая масса рамной конструкции, кг			65257	

Таблица 4.

Ведомость отправочных элементов 3 варианта рамы

Отправочная марка	Кол. шт.	Масса, кг		Примечание
		шт.	общ.	
Ст1	2	4500	9000	Без учета деталей крепления связей
Ст2	2	5557	11114	Без учета деталей крепления связей
P1	2	6606	13212	Без учета деталей крепления связей
P2	2	4319	8638	Без учета деталей крепления связей
P3	2	5991	11982	Без учета деталей крепления связей
P4	1	6551	6551	Без учета деталей крепления связей
Общая масса рамной конструкции, кг			60497	

Вывод: Сравнив три рассмотренных варианта, наименьший расход стали имеет 3 вариант выполнения рамной конструкции, т.е. можно сказать что рационально использовать сталь С345 чтобы сделать процесс изготовления менее затратным.

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. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85**: свод правил: утв. Минрегион России 03.12.16: дата введ. 04.06.17. -М.: Минрегион Росиии, 2017. - 95 с.
3. СП 53-102-20 Общие правила проектирования стальных конструкций. -свод правил: утв. ЦНИИСК им.Кучеренко 10.09.2004: дата введ. 01.01.05. ЦНИИСК им.Кучеренко, -138с.
4. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81*: свод правил: утв. Минрегион России 27.02.17: дата введ. 28.08.17.-М. :Минрегион Росиии, 2017.- 147 с.

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.