

СОЗДАНИЕ РАСЧЁТНОЙ СХЕМЫ РАМЫ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

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

Иванова О.Б. - доцент, кандидат техн.наук, доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, e-mail: isi_ivanova@nngasu.ru

Аннотация: *Авиационные ангары строятся рядом при аэропорте и предназначены для обслуживания и стоянки и ремонта авиатехники. Каркасом авиационного ангара являются шестнадцать поперечных рам переменного сечения 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. Пространственная жесткость покрытия обеспечивается системой горизонтальных и вертикальных связей в уровне нижних и верхних поясов ригеля, создающими жесткий диск. Отметка низа конструкции рамы + 30,500. В поперечном сечении рамы лежит сварной двутавр. Полки и стенка 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 из швеллеров. Шаг прогонов составляет 3,5 м и пролетом 12 м. В данной работе рассмотрено создание расчетной схемы рамной конструкции переменного сечения с помощью программного комплексе «SCAD».*

Ключевые слова: *ангар для самолетов, конструктивные системы, рамные конструкции, рама переменного сечения, SCAD.*

CREATION OF THE DESIGN SCHEME OF THE FRAME OF VARIABLE SECTION

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

Ivanova O.B. - Associate Professor, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, e-mail: isi_ivanova@nngasu.ru

Abstract: *Aviation hangars are built near the airport and are designed for maintenance and Parking and repair of aircraft. The frame of the aircraft hangar are sixteen transverse frames of variable cross-section with a span of 92 m. the length of the hangar is 168m., and the width is 92m. the Span is large enough so for economic feasibility it is used as a supporting structure - a frame of variable cross-section, welded. The spatial rigidity of the coating is provided by a system of horizontal and vertical connections at the level of the lower and upper crossbar belts, creating a hard disk. The mark of the bottom of the frame structure is + 30,500. In the cross section of the frame lies a welded I-beam. Shelves and I-beam wall are variable. The coupling of the hangar columns with the crossbar is rigid. And to the Foundation of the frame is bolted through the base plate, thus, the*

place of attachment of the frame is a hinge Assembly. The frames are arranged lattice runs PR-16,5 series 1.462.3-17/85 of channels. Step runs is 3.5 m and a span of 12 m. in this paper, we consider the creation of the design scheme of the frame structure of variable cross-section using the software package "SCAD".

Keywords: Aircraft hangars, Structural systems, Steel consumption, Frame construction, Variable section frame, SCAD.

Введение: Ангар в авиации – это специализированное помещение для стоянки, ремонта и техобслуживания самолетов, вертолетов, дирижаблей и других летательных аппаратов. Кроме этого, ангары могут быть приспособлены для иной техники крупных габаритов [1].

Несущей конструкцией ангара является поперечная рама пролетом 92 м, выполненная из стержней двутаврового сечения переменной жесткости. Отметка низа конструкции рамы + 30,500. 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. Стальной профилированный настил Н 57-750-0,8 опирается на прогоны. По верхним и нижним поясам рам переменного сечения установлены связи, обеспечивающие жесткость покрытия и устойчивость сжатых элементов. (Рисунок 1-5).

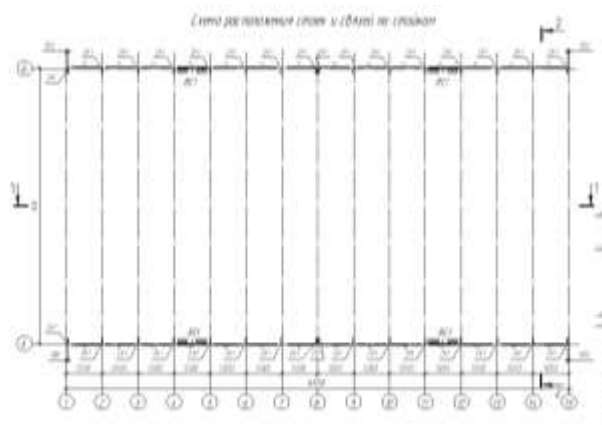


Рисунок 1. Схема расположения стоек и связей по стойкам

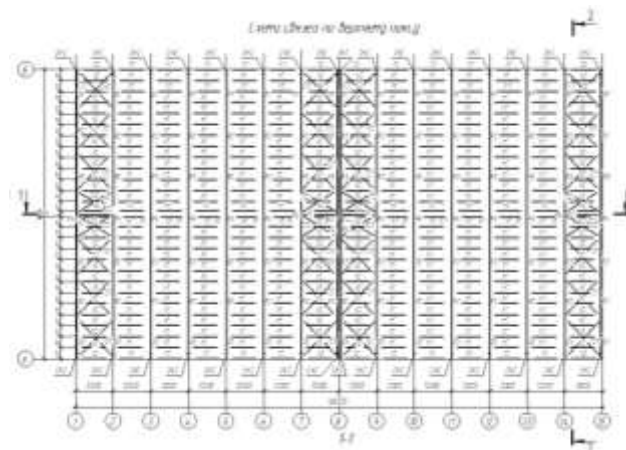
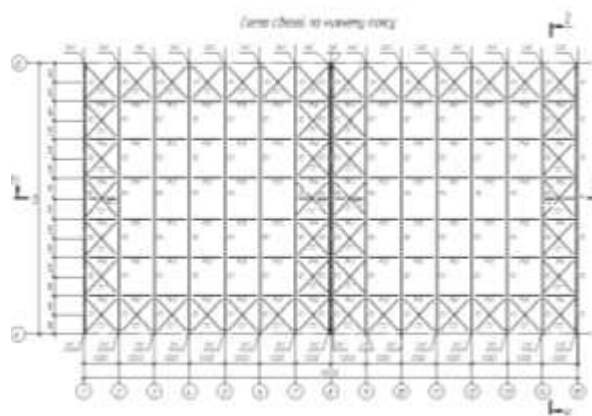


Рисунок 2. Схема связей по верхнему поясу



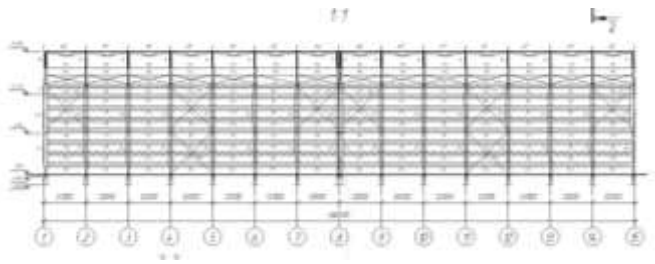


Рисунок 3. Разрез 1-1

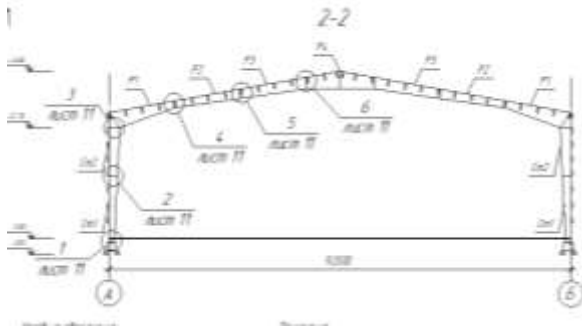


Рисунок 5. Разрез 2-2

Расчётная схема – идеализированная модель конструкции, представленная в виде системы узлов, стержней, связей, задания жесткостей и нагрузок. Эта схема максимально отражает все особенности существующего объекта. Расчётная схема (РС) рамы выполнена с применением пакета прикладных программ «SCAD Office»[2].

В качестве модели принята пространственная конечно-элементная модель (КЭ-модель), учитывающая геометрические параметры и характер распределения нагрузок (собственный вес, вес кровли, крановая нагрузка, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка). Переходим к выбору типа схемы. Тип схемы определяет состав и максимальное количество степеней свободы в узлах расчетной схемы. Для расчёта данной пространственной схемы принимаем 5-тый тип схемы – Система общего вида.

Следующим этапом приступаем к созданию геометрии расчетной схемы. В качестве РС рамы переменного сечения используется аппроксимация элементов рамы стержневыми элементами постоянного сечения. Как расчетная принимается ось, проходящая через центры тяжести двутавровых сечений элементов рамы. Это довольно трудоёмкая задача, так как рама переменного сечения имеет переменность по высоте стенки и по ширине полок, что тоже вносит определенные усложнения.

Задается рама с помощью функции «Ввод узлов» и «Ввод стержневых элементов» (подраздел «Узлы и элементы», вкладка «Узлы» и «Элементы» соответственно). Узлы создаются и соединяются отдельными стержневыми элементами. Колонны и балки разбиваются по 1 метру с помощью функции «Разбивка стержня».

Копируем раму в направлении u с помощью функции «Копирование схемы». Элементы решетчатых прогонов имеют сложные сечения. В качестве упрощения схемы можно задаться одним стержнем, имеющим сложное сечение из швеллеров. Для этого

можно использовать «Конструктор сечений» в составе «SCAD Office». Эта программа позволяет создать любое произвольное составное сечение. Прогоны можно задать только между первыми двумя рамами и дальше просто размножить при помощи функции «Копирование схемы».

После таких сложных и трудоёмких операций рекомендуется проверить данную схему на корректность для дальнейшей успешной работы. Для этого необходимо:

- 1) найти и объединить совпадающие узлы и элементы;
- 2) произвести упаковку данных;
- 3) произвести экспресс-контроль РС.

После прохождения этих операций схема будет готова для последующих действий. В качестве конечных элементов принят 5-ый тип конечных элементов (пространственный стержень).

Следующим этапом задаём жёсткости элементов. Элементы каркаса металлической рамы имеют переменное сечение в виде сварных двутавров переменной жесткости, но SCAD не обладает возможностью задания таких сечений. Для выполнения расчета, используется метод разбиения элемента на более мелкие части постоянной жесткости.

После задания всех типов жесткостей (жёсткость колонн, балок, связей, прогонов) приступаем к назначению опорных связей. Сопряжение колонн ангара с фундаментами принято шарнирным. Таким образом, начальные узлы колонн принимаем шарнирными и закрепляем по направлениям X, Y, Z, U_y . [3]

Следующим шагом в задании РС рамного каркаса является назначение шарниров в узлах. Во вкладке «Установка шарниров» ставим галочки в узле 1 (начальный узел элемента относительно местных осей), или в узле 2 (конечный узел элемента относительно местных осей), или сразу в обоих по направлениям U_y, U_z . (эти направления соответствуют пространственной схеме). Этим самым мы освобождаем элементы от угловых связей. Важно, чтобы в каждом узле шарниров было не больше, чем $(n-1)$, где n -количество соединяемых стержней в узле.

После выполнения всех действий в данной последовательности получаем готовую расчётную схему (Рисунок 6).

Последним шагом для создания полноценной расчётной схемы, готовой к последующему расчёту, является создание загружений. На раму переменного сечения действуют следующие виды нагрузок:

Постоянные нагрузки:

- 1 - собственный вес конструкции рамы (L1)
- 2 - нагрузка от веса покрытия (L2)

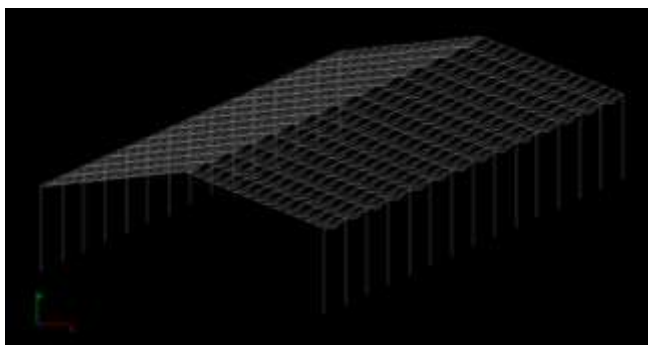


Рисунок 6. Расчётная схема рамного каркаса ангара

Кратковременные:

3 - снеговая нагрузка (L3, L4)

4 - ветровая нагрузка (L10, L11)

Крановые нагрузки:

5 - давление крана (L5, L6, L12)

6 - торможение крана (L7, L8, L9)

Рассмотрим подробнее каждую из этого списка:

1. Собственный вес конструкций.

Подсчёт собственного веса конструкций, входящих в РС, выполняется автоматически в соответствии с объёмным весом. Для стали $\gamma_n = 7850 \text{ кг/м}^3$; $\gamma_f = 1,05$ – коэффициент надёжности по нагрузке (таблица 7.1) [4]. Нагрузка задаётся на каждый элемент распределённая.

2. Нагрузки от веса покрытия

Постоянная нагрузка от веса покрытия включает в себя вес кровельных сэндвич –панелей.

Расчетная линейная нагрузка от веса покрытия на прогон составляет $1,582 \text{ кН/м}$.

Коэффициент надёжности по нагрузке составляет $1,05$ [4]. Нагрузка задается на прогоны распределенной.

3. Снеговая нагрузка

Нормативное значение снеговой нагрузки принимаем согласно п. 10.1 СП 20.13330.2016. Нормативное значение снеговой нагрузки составляет $S_0=2,0 \text{ кН/м}^2$. Коэффициент надёжности по нагрузке принимаем равным $1,4$ [4]. Нагрузка задаётся распределённой на прогоны.

4. Ветровая нагрузка

Нормативное значение ветровой нагрузки w принимаем согласно п. 11.1.2 [4]. Аэродинамические коэффициенты выбираются по таблице В.2 приложения В [4]: с наветренной стороны: $c_e = +0,8$; с подветренной стороны: $c_{e3} = -0,5$.

Пульсационная составляющая ветровой нагрузки автоматически задаётся в расчётном комплексе SCAD в зависимости от геометрических характеристик сооружения, типа местности, ветрового района и статического ветрового нагружения.

Коэффициент надёжности по нагрузке для ветровой нагрузки составляет 1,4. Распределенная нагрузка задаётся на колонны с помощью функции «Нагрузка на стержни»[4].

5. Крановая нагрузка

Нагрузки от подвесных кранов следует определять в зависимости от групп режимов их работы, устанавливаемых ГОСТ 25546-82, от вида привода и от способа подвеса груза [4].

Полные нормативные значения вертикальных нагрузок, передаваемых колесами кранов на балки кранового пути, и другие необходимые для расчета данные следует принимать в соответствии с требованиями государственных стандартов на краны, а для нестандартных кранов - в соответствии с данными, указанными в паспортах заводов-изготовителей[5]. Коэффициент надёжности по нагрузке для крановых нагрузок следует принимать равным 1,1. Наибольшее давление, действующее на раму:

$$D_{\max}=56,44\text{кН.}$$

6. Торможение крана

Горизонтальная сила, расположенная в плоскости поперечной рамы, возникает из-за перекосов крана, торможения тележки, распирающего воздействия колес при движении по рельсам, расстояние между которыми несколько меньше пролета крана и т. п. Расчетное значение силы, передаваемой на поперечную раму, составляет: $T_{\max}=3,80\text{кН}$. Сила T_{\max} прикладывается в уровне нижнего пояса рамы.

Все заданные нагружения необходимо сохранить с помощью функции «Сохранить/Добавить нагружение». После данного этапа расчётная схема полностью готова для выполнения статического расчёта в программном комплексе «SCAD Office».

Библиографический список

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 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.

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 России, 2017.- 147 с.
4. 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 России, 2017. - 95 с.
5. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др.; под ред. Ю.И. Кудишина. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 688 с.