

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2017.07.10>

Кузнецов Д.Н.¹, Сазыкин В.Г.², Шпакова В.А.³

¹Старший преподаватель, ²старший преподаватель, ³бакалавр,
Воронежский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСЧЁТНОЙ СХЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РЕШЁТЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНОЙ ВЫШКИ ВЫСОТОЙ Н=45М

Аннотация

Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием расчётной схемы на перераспределение внутренних усилий в пространственных решётчатых конструкциях.

Ключевые слова: стальная вышка, пространственная решётчатая, решётчатая конструкция, расчётная схема, перераспределение усилий.

Kuznetsov D.N.¹, Sazykin V.G.², Shpakova V.A.³

¹Senior Lecturer, ²Senior Lecturer, ³Bachelor,
Voronezh State Technical University

INVESTIGATION OF THE CALCULATION SCHEME OF SPATIAL SCHEDULEAR CONSTRUCTION ON THE EXAMPLE OF FIRE EXHAUST HEIGHT H = 45M

Abstract

Questions related to the influence of the calculation scheme on the redistribution of internal forces in spatial lattice structures are considered.

Keywords: steel tower, spatial lattice, lattice construction, calculation scheme, redistribution of forces.

Email авторов / Author email: kuznecov82@bk.ru, vitalijsazykin@rambler.ru, shpakovarya@mail.ru

Пространственные решётчатые конструкции могут представлять собой отдельные инженерные сооружения или являться элементами конструкций более сложных сооружений. Практика применения решётчатых конструкций широко распространена в инженерных сооружениях имеющих большие высотные отметки, наиболее яркими примерами являются: башни, вышки, мачты. Изучение особенностей расчёта решётчатых конструкций является актуальной задачей и поможет избежать возможных ошибок при проектировании. Для изучения расчётной схемы в данной работе выбрана «Пожарная вышка высотой Н=45м» запроектированная для Воронежского государственного природного биосферного заповедника на кордоне «Медведский».

Пожарная вышка представляет собой решётчатую конструкцию, квадратную в поперечном сечении с равномерным увеличением размера в плане, двух нижних секций. Пояса и решетка вышки выполнены из одиночных равнополочных уголков. Тип решётки – перекрёстная [2]. Общий вид конструкции пожарной вышки приводится (рис. 1).

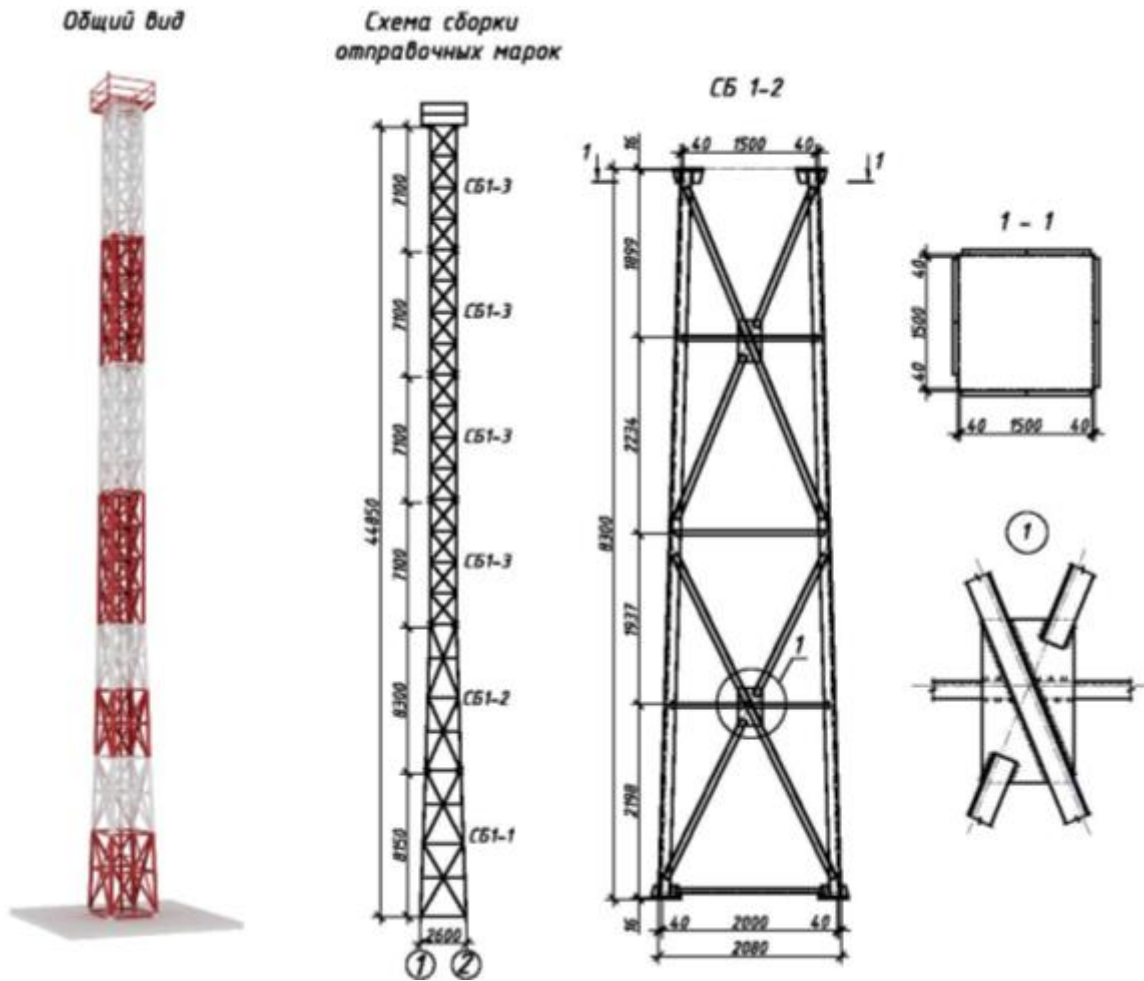


Рис. 1 - Конструкция исследуемой вышки

На основе методики расчёта, указанной в литературе [11, С. 177] для аналитических методов расчёта пространственных решётчатых конструкций с перекрёстным типом решётки использовалась следующая расчётная схема (рис. 2).

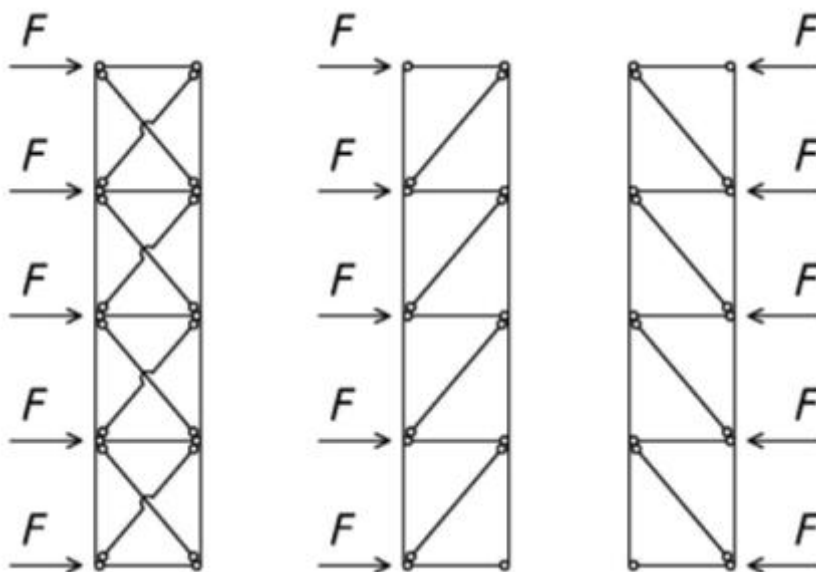


Рис. 2 - Расчётная схема вышки без узла в точке пересечения раскосов (условно показана одна секция вышки)

Аналогичная расчётная схема (рис. 2) часто используется и для расчёта в современных вычислительных комплексах в основу которых обычно положен метод конечных элементов (МКЭ). Такая схема предполагает, что каждая ферма с крестовой решёткой является многократно статически неопределимой системой, в которой под действием односторонней нагрузки из двух перекрещивающихся диагоналей одна работает на сжатие, а другая –

растянута. Поэтому можно считать, что при появлении сжимающего усилия в диагонали она начнет выпучиваться, в результате чего в расчете будет участвовать только вторая растянутая диагональ. Таким образом, в зависимости от направления действия нагрузки, крестовая система может рассматриваться как одна из систем со сжатыми стойками и растянутыми раскосами. Учитывая указанные допущения, делать дополнительно общий узел в точке пересечения раскосов крестовой решётки не обязательно! Однако, попробуем рассмотреть вторую расчётную схему с узлом в точке пересечения раскосов и проверим на сколько допущения первой расчётной схемы корректны (рис. 3).

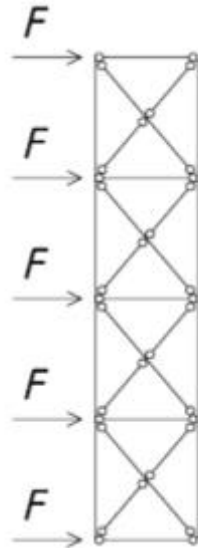


Рис. 3 - Расчётная схема вышки с узлом в точке пересечения раскосов (условно показана одна секция вышки)

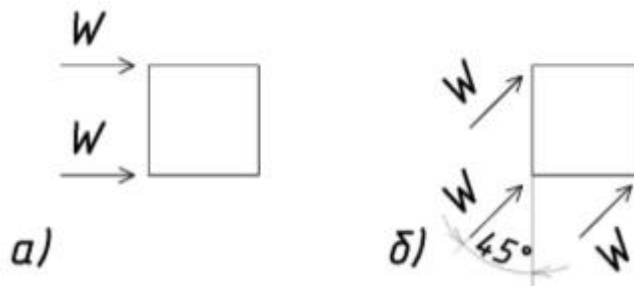


Рис. 4 - Варианты направления ветровой нагрузки:
а)-ортогонально; б)-под углом 45° к поясам

Расчёт производился в вычислительном комплексе SCAD Office, были рассмотрены два варианта пересечения диагоналей решётки и приложены различные сочетания следующих нагрузок: Собственный вес; Временная длительная (оборудование); Временная кратковременная (люди); Ветровая нагрузка ортогонально плоскости (рис. 4а); Ветровая нагрузка под углом 45° к поясам башни (рис. 4б) [1]. Два варианта направления ветра являются взаимоисключающими нагрузками. Также, произведён динамический расчёт на действие ветровой нагрузки [1].

Изучение результатов расчёта для сочетаний нагрузок, без учёта динамической нагрузки, указывает на незначительную разницу в значениях силовых факторов, такая разница для больших величин усилий, не превышает 2%. Для малых величин, разница в процентах по нашему мнению не является показательной, так как стержни, продольная сила в которых близка к 0,000 кН назначаются по критерию предельной гибкости [2]. Смена знака усилий встречается в малом количестве элементов и это те элементы усилия в которых близки к 0,000 кН.

Анализируя результаты расчётов на динамическую нагрузку от действия ветра необходимо отдельно отметить, что для двух вариантов расчётных схем на действие ветра под углом 45° к поясам, сходимость значений высокая и не превышает 2% для больших величин усилий.

Результаты расчётов на динамическую нагрузку от действия ветра прикладываемого ортогонально плоскости решётки башни указывают на существенную разницу в значениях продольных сил для двух вариантов расчётных схем (рис. 5). Разница в усилиях уменьшается, при сравнении вариантов в сочетаниях нагрузок, однако остаётся значительной, особенно для элементов поясов. Данное обстоятельство может привести к подбору разного профиля для сечений элементов в зависимости от типа принятой расчётной схемы.

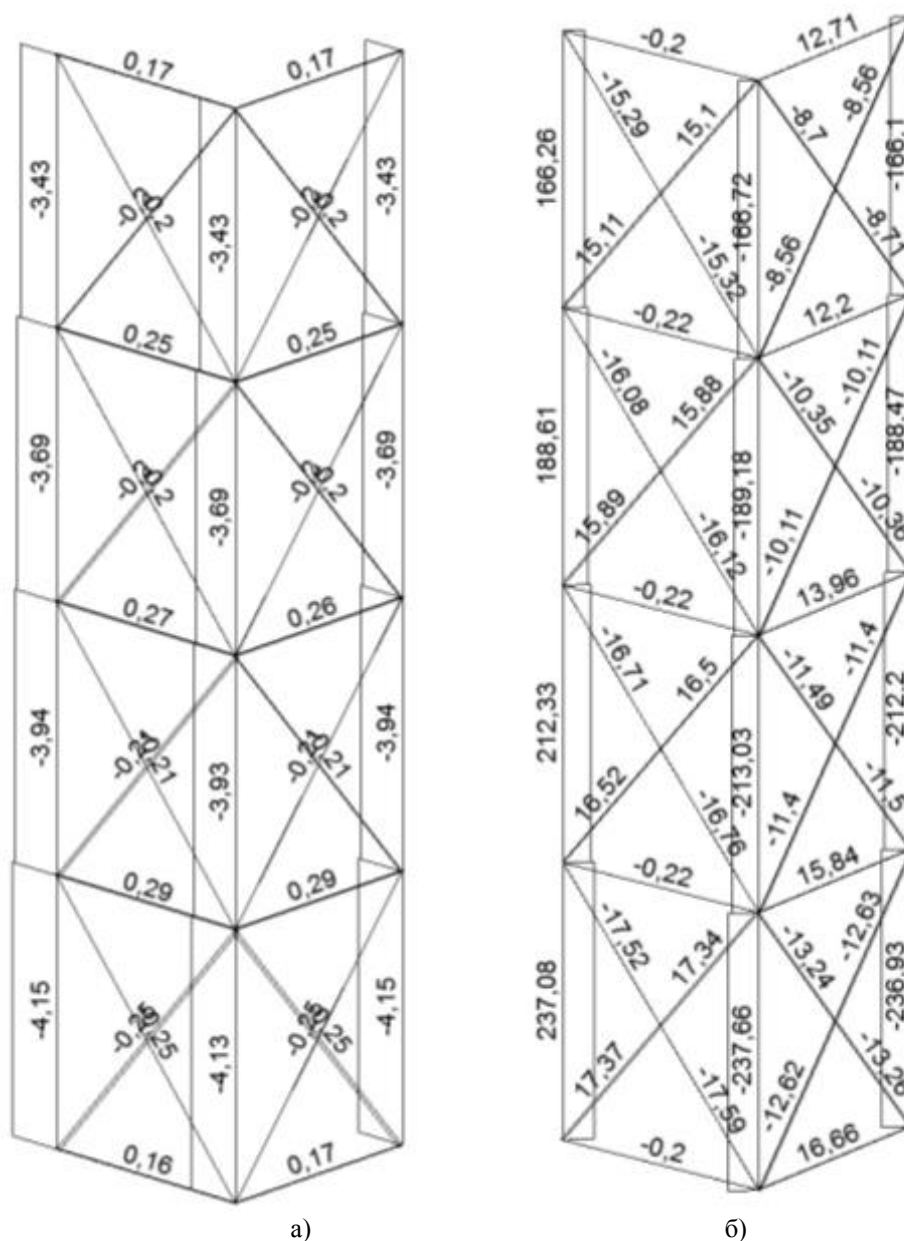


Рис. 5 - Извлечение фрагмента из SCAD, загрузка LS+SD, амплитуда от статической и динамической нагрузок - «Динамическая нагрузка», значения N, кН:
а)-схема без узла в точке пересечения; б)-схема с узлом в точке пересечения

На основании результатов проведённого исследования двух расчётных схем стальной решётчатой вышки $H=45\text{м}$ можно сделать вывод, что для статических расчётов данные схемы тождественны и разница результатов не превышает 2%. Для динамических расчётов разница в значениях внутренних усилий существенна и зависит от направления прикладываемых нагрузок и от доли значений внутренних усилий в составе сочетаний нагрузок. Конечно, данный вопрос требует дальнейших исследований так как отличия в результатах динамических расчётов могут зависеть от геометрии решётчатой конструкции, типа примыкания элементов, величины нагрузок и направления прикладываемых нагрузок. Но по результатам произведённого исследования можно сделать вывод, что для динамических расчётов рассмотренные расчётные схемы не являются одинаковыми. Так как физически общий узел в точке пересечения диагоналей решётки есть, мы рекомендуем в практических расчётах использовать схему учитывающую пересечение элементов введением общего узла в точке пересечения раскосов крестовой решётки (рис. 3).

Список литературы / References

1. Свод правил: СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. - Москва: Минстрой России, 2016 – 80 с.
2. Свод правил: СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81*. - Москва: Минрегион России, 2012 – 172 с.
3. Свод правил: СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. - Москва: Минрегион России, 2012 – 161 с.

4. ГОСТ Р 54257-2010. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. – Введ. 2011-09-01. – М.: Стандартинформ, 2011 – 14 с.
5. ГОСТ 23118-2012. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013 – 37 с.
6. EN 1993-3-1:2006(E). Eurocode 3, Part 1, 2006. – 71 p.
7. Серия 3.400-8 выпуск 2. Стальные конструкции вытяжных башен с одним газотводящим стволом. Башни высотой 75м. Чертежи КМ. ЦНИИПроектстальконструкция, 1980 – 37 с.
8. 7592тм-тл. Техно-рабочий проект. Антенные опоры для радиорелейных линий связи высотой 30-80м. ГЛАВНИИПРОЕКТ, ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Украинское отделение, 1977 – 18 с, чертежей – 28 л.
9. Карпиловский В.С. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко и др. // М.: Издательство АСВ, 2007. – 592 с.
10. Павловский В.Ф. Стальные башни (проектирование и монтаж) / В.Ф. Павловский, Кондра М.П. – К.: Будівельник, 1979 – 200 с.
11. Розенблит Г.Л. Стальные конструкции зданий и сооружений угольной промышленности. – М.: УГЛЕТЕХИЗДАТ, 1953 – 270 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Svod pravil: SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystvija [Loads and impacts]. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.01.07-85*. - Moskva: Minstroj Rossii, 2016 – 80 p. [in Russian]
2. Svod pravil: SP 16.13330.2011. Stal'nye konstrukcii [Steel structures]. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-23-81*. - Moskva: Minregion Rossii, 2012 – 172 p. [in Russian]
3. Svod pravil: SP 70.13330.2012. Nesushhie i ograzhdajushhie konstrukcii [Bearing and enclosing structures]. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.03.01-87. - Moskva: Minregion Rossii, 2012 – 161 p. [in Russian]
4. GOST R 54257-2010. Nadjozhnost' stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozhenija i trebovanija [Reliability of building structures and foundations. Basic provisions and requirements]. – Vved. 2011-09-01. – М.: Standartinform, 2011 – 14 p. [in Russian]
5. GOST 23118-2012. Konstrukcii stal'nye stroitel'nye. Obshhie tehicheskie uslovija [Steel constructions. General specifications]. – Vved. 2013-01-01. – М.: Standartinform, 2013 – 37 p. [in Russian]
6. EN 1993-3-1:2006(E). Eurocode 3, Part 1, 2006. – 71p .
7. Serija 3.400-8 vypusk 2. Stal'nye konstrukcii vytjazhnyh bashen s odnim gazootvodjashhim stvolom. Bashni vysotoj 75m [Steel structures of exhaust towers with one gas-discharging barrel. Towers 75 m high]. Chertezhi KM. CNIIProektstal'konstrukcija, 1980 – 37 p. [in Russian]
8. 7592tm-tl. Tehno-rabochij proekt. Antennnye opory dlja radiorelejnyh linij svjazi vysotoj 30-80m [Techno-working project. Antenna supports for radio relay communication lines with a height of 30-80 m]. GLAVNIIPROEKT, JeNERGOSET'PROEKT Ukrainское отделение, 1977 – 18 p, chertezhej – 28 l. [in Russian]
9. Karpilovskij V.S. Vychislitel'nyj kompleks SCAD [Computer complex SCAD] / V.S. Karpilovskij, Je.Z. Kriksunov, A.A. Maljarenko i dr. // М.: Izdatel'stvo ASV, 2007. – 592 p. [in Russian]
10. Pavlovskij V.F. Stal'nye bashni (proektirovanie i montazh) [Steel towers (design and installation)] / V.F. Pavlovskij, Kondra M.P. – К.: Budivel'nik, 1979 – 200 p. [in Russian]
11. Rozenblit G.L. Stal'nye konstrukcii zdaniy i sooruzhenij ugol'noj promyshlennosti [Steel structures of buildings and structures of the coal industry]. – М.: UGLETEHIZDAT, 1953 – 270 p. [in Russian]