

Разработка организационно-технологических решений для минимизации сроков возведения вентиляционных труб комплексов атомных электростанций

*А.Р. Рисунов, А.Д. Воробьева, О.В. Бурлаченко,
С.Л. Туманов, С.А. Калиновский*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Целью работы являлся поиск методов сокращения сроков строительства сооружений специального назначения. Проведён анализ факторов, оказывающих влияние на сроки строительства сооружений атомных электростанций. На примере расчёта параметров установки вентиляционной трубы реально возведённой атомной электростанции отмечены достоинства замены традиционно применяемого для возведения данных сооружений метода наращивания на метод «Падение стрелы».

Ключевые слова: падение стрелы, комплект машин, монтаж конструкций, объем работ, тяговые механизмы, бесперебойность работ, стоимость, срок строительства, срок введения в эксплуатацию, цикл работы.

В настоящее время одной из главных задач в строительстве атомных электростанций является оптимизация проведения строительных работ, в частности, поиск путей к минимизации сроков строительства специальных сооружений, а также максимальное понижение затрат на проведение строительства [1-3]. На данный момент, традиционно применяются последовательный и параллельный метод проведения строительномонтажных работ, в той или иной вариации. Зачастую правильно подобранный метод проведения строительномонтажных работ в зависимости от высотности здания или сооружения, его компоновки и объемов работ в целом позволяют достичь максимально малых сроков проведения их строительства. [4-6]

При выборе метода монтажа сооружений атомных электростанций необходимо понимать, что они являются сооружениями с особыми требованиями по их безопасности, при строительстве которых нужно учесть максимальное число факторов [7-9]. Объем работ, геотехнические

характеристики и условия среды, в которой ведется строительство, безусловно, оказывают влияние на стоимость и срок проведения строительства. Однако не всегда можно правильно найти ту самую «золотую середину», а также, при строительстве сооружений комплексов атомных станций важную роль играет поиск именно минимального срока проведения строительства, ввиду того, что после введения комплекса в эксплуатацию, стоимость строительства объекта становится много меньше годов прибыли данного объекта в целом [5,6].

В качестве объекта исследования принимается вентиляционная труба атомной электростанции в г. Димитровград, одно из самых высотных сооружений в новейшем комплексе атомной станции. Данный объект принят к рассмотрению ввиду того, что он является уникальным, как и сам комплекс в целом.

Установка (монтаж) трубы наиболее длительный и затратный этап строительства атомной электростанции. Выбор способа монтажа зависит от местных условий, геологических свойств площадки строительства, требуемым сроком строительства, общим бюджетом, а также парка машин и механизмов обладающих строительной организацией. Все эти аспекты должны быть рассмотрены в рамках предпроектной подготовки [10]. В настоящее время используют различные способы монтажа, наиболее часто используется метод наращивания. Одним из важных недостатков данного метода является достаточно долгий срок возведения такой конструкции, как указанная выше, составляющий более 3 месяцев.

В статье представлены результаты расчета нового метода монтажа сооружения вентиляционной трубы высотой сто метров.

Монтаж такой сложной конструкции (Рис. 1) предлагается провести методом «Падение стрелы».

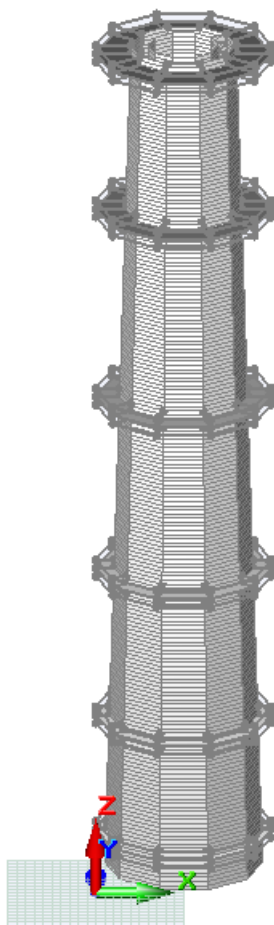


Рис. 1. – Схема конструкции в проектном положении

В качестве альтернативы, мы рассмотрели способ монтажа, используемый чаще в строительстве опор ЛЭП, а именно, метод «падающей стрелы». Особенности данного способа монтажа заключаются в том, что для установки применяются бурокрановые машины и краны, домкраты и бульдозеры, иногда используют вертолеты.

При установке трубы с помощью крановых механизмов и домкратов, её собирают в горизонтальном положении около фундамента таким образом, чтобы ее траверсы были расположены параллельно поверхности земли.

Основание трубы в месте, где заранее закреплен подножник соединяют с двумя элементами фундамента с помощью специальных монтажных шарниров поворотного типа. Затем трубу из горизонтального положения поднимают кранами или БКМ 10 градусов, после чего поднимают в

вертикальное положение, используя механизмы, опрокидывающие закрепленную за узлы крепления трубы стрелу, путем ее опрокидывания, а также тормозные механизмы, размещенные по 3-м осям вокруг центра фундамента, для выравнивания и противодействия ветреным нагрузкам, после чего закрепляют трубу на фундаменте при помощи анкеров и сварки.

При возведении конструкции методом «Падение стрелы» в качестве основных строительных машин по результатам расчета приняты машины и механизмы отмеченные в таблице 1.

Таблица № 1

Материально-технические ресурсы

Наименование	Марка, техническая характеристика, ГОСТ	Количество	Назначение
1	2	3	4
Трактор	T130	8	Опрокидывание стрелы
Тяговый механизм	<i>Гидравлический домкрат ДГС-Р-100</i>	2	Выравнивание конструкции в процессе монтажа
Трос	СТКк-100 25м	10	Подъем элементов
Трос	СТКк-200 25м	10	То же
Кран	Blumar 1000	2	Первичный подъем сооружения
Каркас металлический	Стальной лист 10мм	50 секций	Сборка сооружения
Тормозной механизм	Tz-100	1	Остановка движения сооружения в процессе выставки в проектное положение
Сварочный трактор	IGBT Integral	1	Сварка конструктивных элементов сооружения

Конструкция трубы собирается горизонтально на сооруженной опалубочно-каркасной системе. Листы соединяются посредством сварки.

В начале подъема используются автомобильные краны для поднятия конструкции трубы на 10 градусов по отношению к месту крепления фундамента с подножкой трубы, далее, при помощи тракторов начинается опрокидывание стрелы, закрепленные тросы, идущие к домкратам, держат ее в равновесном состоянии по отношению к креплению фундамента. При подъеме на 75 градусов начинается установка анкеров в место крепления, далее их закрепляют при возведении трубы в проектное положение. Тормозные механизмы обеспечивают невозможность опрокидывания конструкции.

После подготовки конструкции к началу монтажа, прогнозируются оптимальные погодные условия и в назначенный момент начинается монтаж сооружения в проектное положение.

Время монтажа с учетом, что конструкция поднимается на 1° в минуту после подъема ее на 10° при помощи крана, занимает 1 час 15 минут.

После стыковки подножки с фундаментом и первичного закрепления анкерами стык заваривается, после чего отсоединяют тормозные и удерживающие в равновесии конструкцию механизмы.

Таким образом, фактическая продолжительность строительства, согласно разработанному календарному плану с учетом способа монтажа «методом падающей стрелы» составляет 31 день. Максимальное количество рабочих составляет 20 человек в смену, в среднем – 8. Коэффициент неравномерности рабочей силы 2.5.

В сравнении с традиционным методом монтажа сооружения вентиляционной трубы предлагаемый к применению метод «Падение стрелы» позволяет сократить срок строительства на 48 %.

С экономической точки зрения, по результатам проведенных расчетов стоимость монтажа вентиляционной стометровой трубы традиционным способом составляет 5 045 866,96 р, а при строительстве с применением

предлагаемого в статье метода «Падение стрелы» стоимость составит 14 090 822,85 р., что всего в 2.5 раза дороже традиционного метода строительства.

В заключении можно сказать, что стоимость монтажа специального сооружения вентиляционной трубы комплекса атомной электростанции методом падающей стрелы на 64.2 % превышает стоимость проведения строительства традиционным методом, однако, срок, а значительнее для возведения сооружений данного типа, является срок строительства, на 48 % меньше, чем при возведении стандартным методом, из чего следует, что предложенный метод монтажа вентиляционной трубы атомной станции является оптимальным и рекомендуется к дальнейшему изучению и возможному применению при строительстве вентиляционных труб атомных станций и их аналогов.

Литература

1. Кужин М.Ф., Галеева Р.Г. Организация и планирование строительного производства при строительстве комплексов зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6955.
 2. Kreiner K. Organizational Behavior in Construction // Construction Management and Economics. 2013. Vol. 31, № 11. P. 1165-1169.
 3. Oleinik P., Yurgaytis A. The method of forming solutions for non-critical activities in the preparation and optimization of the construction complex organizations' annual program // MATEC Web of Conferences. 2018. vol. 193. №05010. DOI: doi.org/10.1051/mateccconf/201819305010.
 4. Кадыров А.С., Байкенов А.Е. Методы возведения высотных сооружений и зданий // StudNet. 2021, №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/metody-vozvedeniya-vysotnyh-sooruzheniy-i-zdaniy/viewer.
-



5. Гурьянова А. В., Ерышев В.А., Римшин В. И. Инновационные атомные электрические станции // Огарев-online. 2021, №6. URL: journal.mrsu.ru/arts/innovacionnye-atomnye-elektricheskie-stancii.

6. Калматов Ч, Лопухова Т. В. Особенности сооружения и эксплуатации ЛЭП высокого напряжения в высокогорных условиях // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2015, №2 (26). С. 52 - 62.

7. Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю. Безопасность атомных электрических станций при экстремальных внешних воздействиях. Междисциплинарный научный и прикладной журнал "Биосфера". 2010, т.2, №2. С. 197 - 213.

8. Riera J.D. On the Stress Analysis of Structures Subjected to Aircraft Impact Forces // Nucl. Engng. and Des. - 1968. - Vol. 8. - pp. 415 - 426.

9. Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В., Яковлев П.В. Расчётный анализ сейсмической безопасности грузоподъёмных кранов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2018, №2. С. 113 - 131.

10. Шумейко В.И., Кудинов О.Ю. Об особенностях проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений. Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_144_Shumeiko.pdf_2164.pdf.

References

1. Kuzhin M.F., Galeeva R.G. Inzhenernyj vestnik Dona), 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6955.

2. Kreiner K. Construction Management and Economics. 2013. Vol. 31, № 11. pp. 1165-1169.

3. Oleinik P., Yurgaytis A. MATEC Web of Conferences. 2018. vol. 193. №05010. DOI: doi.org/10.1051/matecconf/201819305010.



4. Kadyrov A.S., Bajkenov A.E. StudNet. 2021, №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/metody-vozvedeniya-vysotnyh-sooruzheniy-i-zdaniy/viewer.
5. Gur'janova A.V., Eryshev V.A., Rimshin V.I. Ogarev-online. 2021, №6. URL: journal.mrsu.ru/arts/innovacionnye-atomnye-elektricheskie-stancii.
6. Kalmatov Ch, Lopuhova T.V. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. 2015, №2 (26). pp. 52 - 62.
7. Birbraer A.N., Roleder A.Ju. Mezhdisciplinarnyj nauchnyj i prikladnoj zhurnal "Biosfera". 2010, t.2, №2. pp. 197 - 213.
8. Riera J.D. Nucl. Engng. and Des. 1968, Vol. 8. pp. 415 - 426.
9. Panasenko N.N., Sinel'shnikov A.V., Jakovlev P.V. Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Morskaja tehnika i tehnologija. 2018, №2. pp. 113 - 131.
10. Shumejko V.I., Kudinov O.Ju. O.IU. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_144_Shumeiko.pdf_2164.pdf.