

УДК 69.059.72

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАРЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Евсеев Александр Евгеньевич,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

### **Аннотация**

В статье рассмотрен вариант реконструкции дымовой трубы. Предложенный вариант основан на использовании фундамента и части существующей трубы в качестве пригруза для новых конструкций. Данное проектное решение позволяет существенно снизить материалоемкость нового сооружения. Кроме того, уменьшается трудоемкость, связанная с погружением свай на значительную глубину.

**Ключевые слова:** реконструкция объектов капитального строительства, свайные фундаменты, высотные сооружения.

## **USE OF FORMER FOUNDATIONS WHEN RECONSTRUCTION OF HIGH-RISE STRUCTURES**

*Yevseyev Aleksandr Yevgenyevich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

### **Abstract**

The article describes a variant of the reconstruction of the chimney. The proposed option is based on the use of the foundation and part of the existing chimney as a load for new structures. This design solution can significantly reduce the material consumption of the new structure. In addition, reduced labor intensity associated with the immersion of piles to a considerable depth.

**Keywords:** reconstruction of capital construction objects, pile foundations, high-rise buildings.

Руководство холдинга «Сибирский цемент» с целью реконструкции промышленных объектов в ходе перевооружения предприятий федерального назначения приняло решение о повышении технико-экономического уровня производства на основе модернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования новым. В рамках принятого решения была поставлена задача о замене, существующей кирпичной дымовой трубы высотой  $H=80$  м, находящейся на территории цементного завода ООО «Красноярский цемент» по адресу: г. Красноярск, ул. Краснопресненская, д. 1, на правом берегу реки Енисей. В ходе реконструкции предполагается возведение нового металлического ствола дымовой трубы высотой  $H=130$  м.

Существующая труба переменного по высоте сечения (наружный диаметр в нижнем обрезе 9 м) опирается на массивный железобетонный фундамент диаметром 12 м и глубиной заложения 4.5 м от дневной поверхности. На изготовление его пошло порядка  $250 \text{ м}^3$  монолитного бетона.

Новый металлический ствол дымовой трубы несмотря на большую высоту и диаметр (11,3 м) обладает меньшей в  $\approx 5,5$  раз массой, вследствие меньшей толщины стенки и ее пустотной конструкции. При этом существенно возрастает опрокидывающий момент, который обусловлен возросшей парусностью и высотой трубы. Поскольку момент распределенной нагрузки пропорционален квадрату высоты трубы можно грубо оценить его увеличение как произведение соотношения диаметров проектируемой трубы к существующей на квадрат соотношения их высот. В нашем случае имеем оценку снизу так как ветровое давление растет с высотой, а диаметр существующей кирпичной дымовой трубы с высотой уменьшается. После вычислений получим что опрокидывающий момент увеличился как минимум в  $(11,3/9) \cdot (130/80)^2 = 3.32$  раза. Этот фактор, а также то, что снижение массы ствола трубы прямо пропорционально влечет за собой уменьшение

восстанавливающего момента негативно сказывается на несущей способности фундамента.

Приведённые выше факторы указывают на направление, которого необходимо придерживаться для решения поставленной задачи – требуется увеличивать восстанавливающий момент сооружения.

В качестве одного из вариантов усиления существующего фундамента рассматривалось увеличение площади его опирания с одновременным увеличением массы. Однако этот вариант показался малоперспективным так как для сооружения класса ответственности КС-3 (по [1] Приложение А) было бы проблематично обеспечить надёжность при проектировании и проведении строительно-монтажных работ. Существенные сложности с этой стороны будет представлять узел сопряжения существующего фундамента с элементами усиления.

Более удачным вариантом реконструкции с точки зрения надёжности представляется изготовление нового фундамента под ствол дымовой трубы. Однако этот вариант предполагает заметно большие затраты на строительные материалы, демонтаж существующих конструкций и земляные работы.

Компромиссным решением явился вариант предложенный ООО «НОВОТЕХ» под руководством к.т.н. В.С. Глухова. Предлагаемый проект представляет собой комбинацию первых двух вариантов. Его основная идея заключается в том, что новый фундамент вводится в зацепление с существующим который играет роль пригруза. При этом снижается материалоемкость изготавливаемого фундамента, вдобавок сокращаются расходы на демонтаж старого фундамента и земляные работы. Использование свайных фундаментов из буронабивных свай позволяет дополнительно уменьшить издержки на реконструкцию дымовой трубы.

На рисунке 1 показан совмещенный план ростверка и свайного поля под ним.

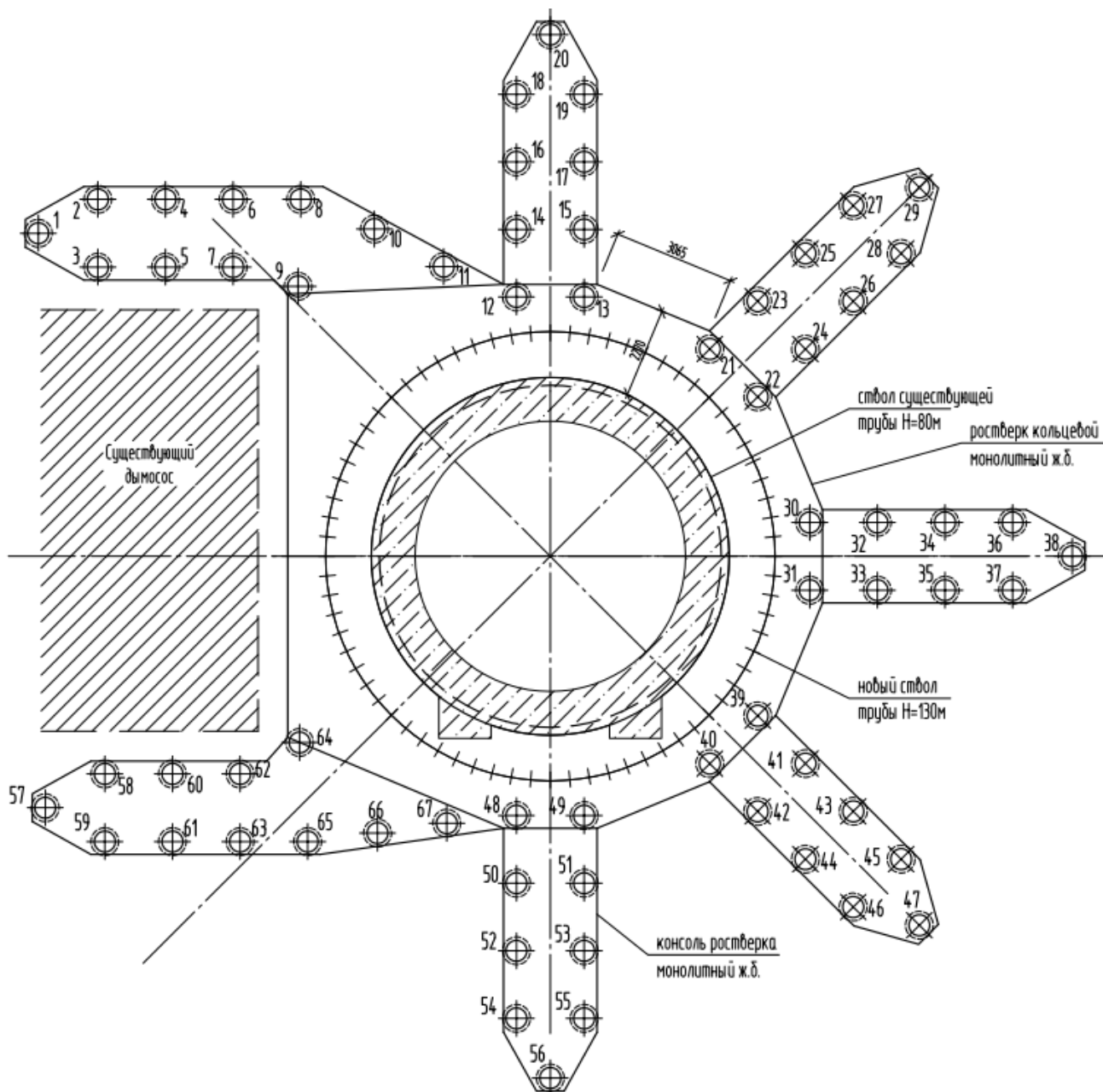


Рисунок 1 – План ростверка и свайного поля

Более оптимальным было бы симметричное расположение консолей ростверка. Однако этому препятствует положение существующего дымососа. По факту при расстановке свай учитывалось дополнительное условие о том, чтобы центр тяжести свайного поля находился на вертикальной оси ствола дымовой трубы. В итоге смещение центр тяжести составило 40 см вдоль оси дымососа и 27 см поперек его оси (суммарное смещение 48.3 см). Относительный эксцентриситет составляет  $48.3/1130 \cdot 100\% = 4.27\%$  от диаметра ствола трубы, что является вполне допустимым.

Сечение по консоли ростверка приведено на рисунке 2.

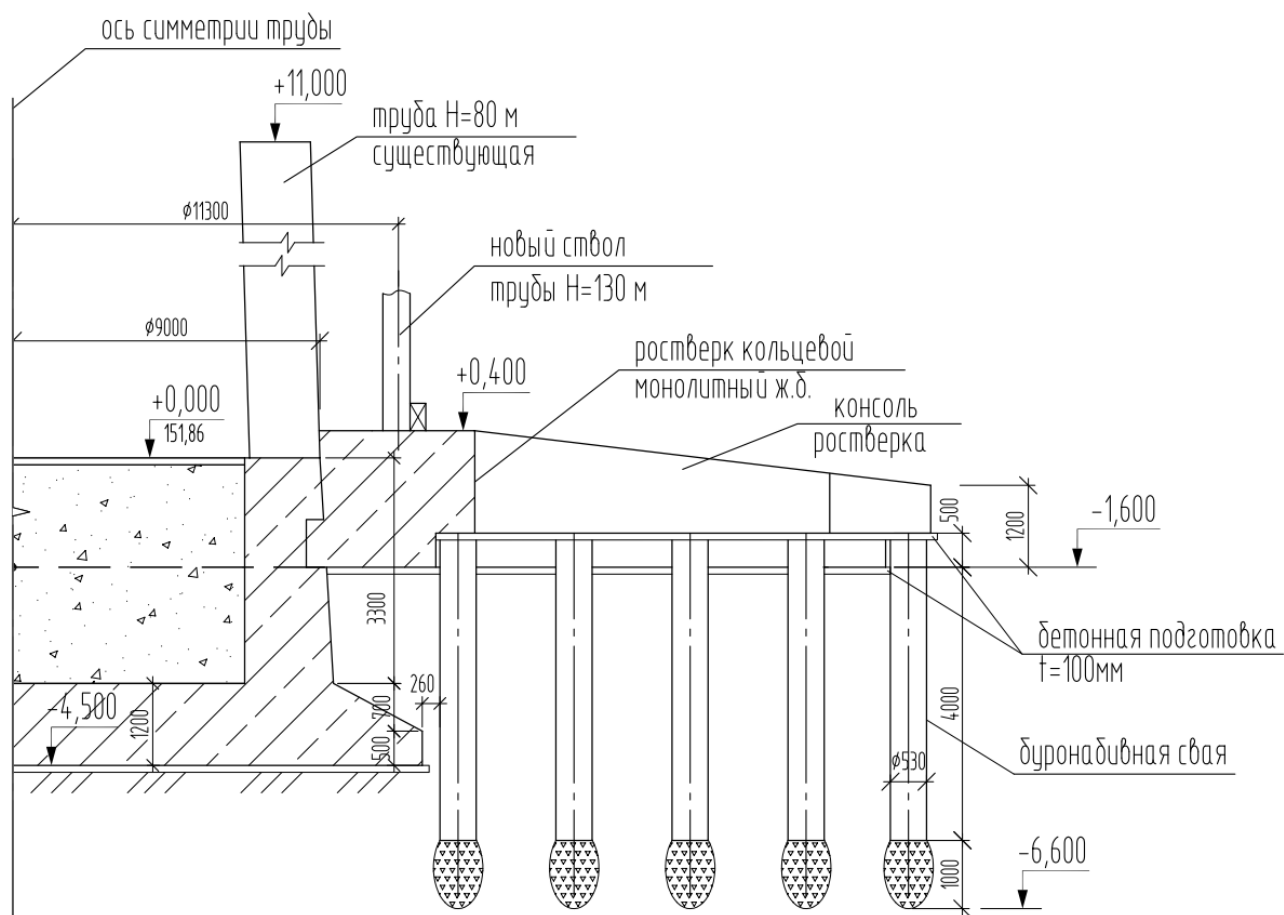


Рисунок 2 – Сечение по консоли ростверка

Согласно задания на проектирование на конструкцию действуют следующие расчетные нагрузки:

- 1) собственный вес проектируемого ростверка  $755 \cdot 1.1 = 830.5$  т;
- 2) собственный вес существующего ростверка  $667 \cdot 1.1 = 733.7$  т;
- 3) собственный вес части (11,5 м) демонтируемой трубы 1060 т;
- 4) собственный вес проектируемого трубы 1334 т;
- 5) момент от ветровой нагрузки 11710.6 т\*м (с учетом пульсационной составляющей) на уровне нижнего обреза трубы (на 1.9 м выше оголовков свай);
- б) горизонтальная составляющая ветровой нагрузки 111 т на уровне нижнего обреза трубы, что добавляет  $111 \cdot 1.9 = 210.9$  т\*м к моменту от ветровой нагрузки (итого момент 11921.5 т\*м).

Дальнейшие расчеты проводились с учетом полученного эксцентриситета по формуле 7.3 [2]

$$F = \frac{N_d}{n} + \frac{M_x * y}{\sum y_i^2} + \frac{M_y * x}{\sum x_i^2}.$$

Для направления ветра вдоль оси существующего дымохода результаты расчета сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нагрузки на верх свай

|    |      |    |      |    |      |    |      |    |      |    |        |
|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|--------|
| №  | F, т | №  | F, т | №  | F, т | №  | F, т | №  | F, т | №  | F, т   |
| 1  | 12.5 | 12 | 54.7 | 23 | 49.2 | 34 | 65.8 | 45 | 61.9 | 56 | 57.7   |
| 2  | 17.7 | 13 | 33.9 | 24 | 53.4 | 35 | 65.8 | 46 | 57.7 | 57 | 13.1   |
| 3  | 17.7 | 14 | 54.7 | 25 | 53.4 | 36 | 71.7 | 47 | 63.5 | 58 | 18.3   |
| 4  | 23.7 | 15 | 33.9 | 26 | 57.7 | 37 | 71.7 | 48 | 54.7 | 59 | 18.3   |
| 5  | 23.7 | 16 | 54.7 | 27 | 57.7 | 38 | 77.0 | 49 | 33.9 | 60 | 24.3   |
| 6  | 29.7 | 17 | 33.9 | 28 | 61.9 | 39 | 49.2 | 50 | 54.7 | 61 | 24.3   |
| 7  | 29.7 | 18 | 54.7 | 29 | 63.5 | 40 | 45.0 | 51 | 33.9 | 62 | 30.3   |
| 8  | 35.6 | 19 | 33.9 | 30 | 53.8 | 41 | 53.4 | 52 | 54.7 | 63 | 29.7   |
| 9  | 35.4 | 20 | 57.7 | 31 | 53.8 | 42 | 49.2 | 53 | 33.9 | 64 | 35.5   |
| 10 | 42.1 | 21 | 45.0 | 32 | 59.8 | 43 | 57.7 | 54 | 54.7 | 65 | 35.6   |
| 11 | 48.3 | 22 | 49.2 | 33 | 59.8 | 44 | 53.4 | 55 | 33.9 | 66 | 41.9   |
|    |      |    |      |    |      |    |      |    |      | 67 | 48.5   |
|    |      |    |      |    |      |    |      |    |      | Σ  | 3025,3 |

Многолетняя работа существующего фундамента под нагрузкой дает основания полагать, что грунт под ним полностью консолидирован и позволяет предположить, что в случае отсутствия ветра вес существующего ростверка полностью передается на подстилающее основание, а сваи загружены только весом проектируемого ростверка и ствола трубы. При приложении ветровой нагрузки ростверк пытается повернуться, при этом часть существующего ростверка входит в контакт с проектируемым и дополнительно пригружает сваи, расположенные с наветренной стороны. При этом сторона

существующего ростверка с подветренной стороны продолжает передавать свой вес на основание.

Последняя строка в таблице 1 позволяет проконтролировать полученные результаты. Так суммарная нагрузка на сваи должна быть равна сумме весов проектируемого ростверка, трубы и половине весов существующего ростверка и части демонтируемой трубы.

$$830.5+1334+(733.7+1060)/2=3061.35 \text{ т.}$$

Относительная погрешность определения нагрузок на сваи равна

$$\frac{3061,35-3025,3}{3061,35} 100\%=1.18\%.$$

Анализ значений погрешностей показывает, что достоверность полученных результатов обеспечена.

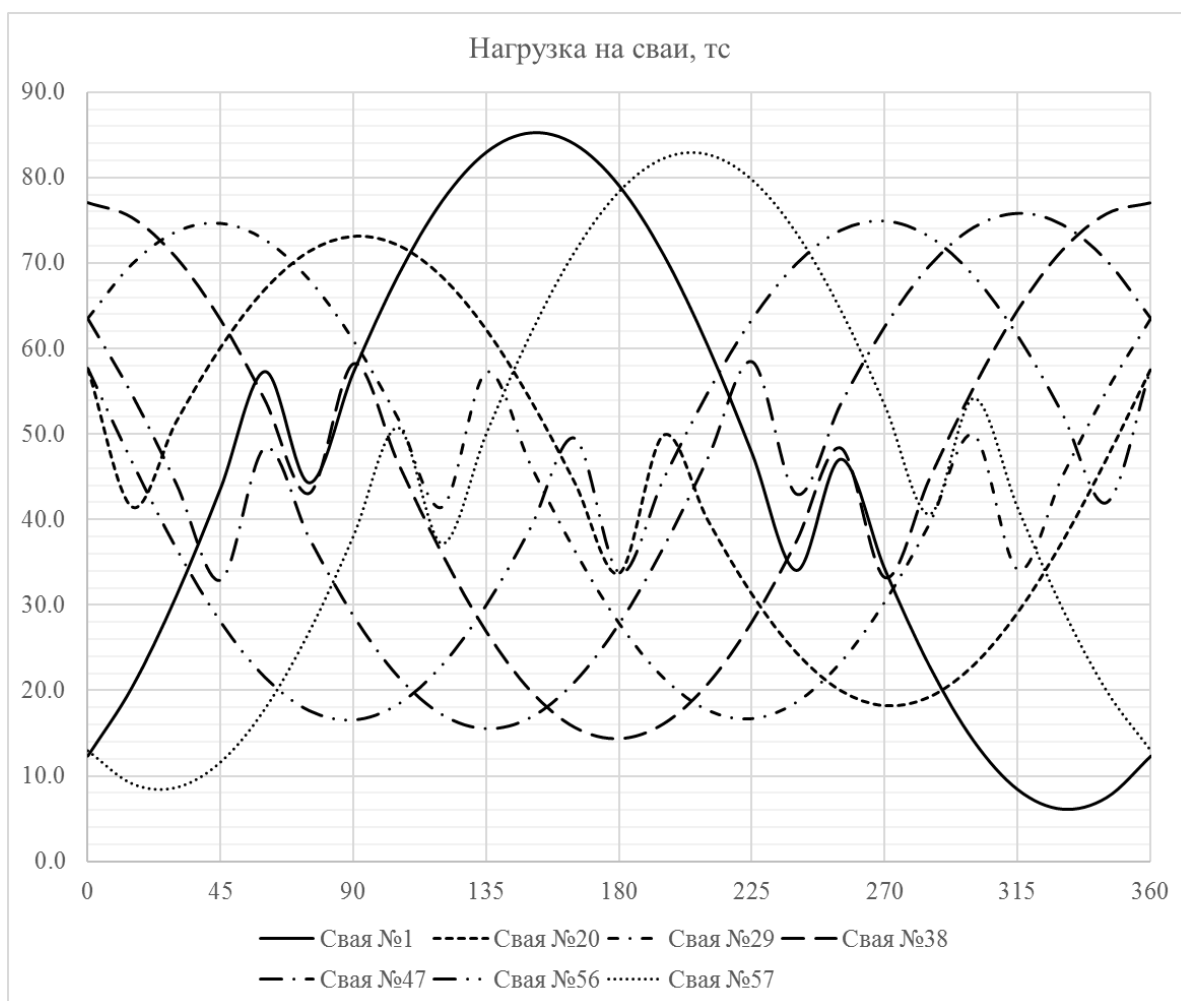


Рисунок 3 – Расчетная нагрузка на сваи в зависимости от направления ветра.  
(за «нулевое» направление принят ветер вдоль оси существующего дымососа,  
отсчет угла – против часовой стрелки)

Для учета всех сочетаний нагрузок были определены зависимости величины расчетной нагрузки на все сваи от направления ветра. Полученные данные представлены в виде графика расчетной нагрузки на наиболее нагруженные сваи в зависимости от направления ветра, который изображен на рисунке 3.

В заключении необходимо отметить, что грамотное использование существующих несущих конструкций зданий и сооружений в процессе их реконструкции может и должно приводить к снижению затрат в ходе перевооружения и модернизации промышленных объектов.

#### **Библиографический список:**

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2015.
2. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М.: Минрегион России, 2011.