

УДК.624.04.

## **ФЕРМОВАЯ (МАЧТОВАЯ) ТРУБА ДЛЯ КОТЕЛЬНОЙ ИЗ ТИПОВЫХ СЕКЦИЙ БАШЕННОГО КРАНА**

***Зернов Владимир Викторович,***

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

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

***Зайцев Михаил Борисович,***

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

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

### **Аннотация**

В статье представлен расчет и проектирование дымовой самонесущей трубы ферменного типа для модульных котельных. Показано, что типовые секции башенного крана КБМ-401ПА-27-02 можно использовать в качестве опор для газоотводящих труб модульных котельных.

**Ключевые слова:** модульная котельная, фермовая труба, типовые секции, башенный кран, расчетная схема, вычислительный комплекс.

## **TRUSS (MAST) PIPE FOR A BOILER ROOM FROM STANDARD SECTIONS OF A TOWER CRANE**

***Zernov Vladimir Victorovich,***

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

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

***Zaytsev Mihail Borisovich,***

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

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

## Abstract

The article presents the calculation and design of a truss-type self-supporting chimney for modular boiler houses. It is shown that typical sections of the tower crane KBM-401PA-27-02 can be used as supports for exhaust pipes of modular boiler houses.

**Keywords:** modular boiler room, truss pipe, standard sections, tower crane, calculation scheme, computing complex.

Модульные котельные используются для отопления и горячего водоснабжения здания или группы зданий, обеспечения технологических процессов на промышленных предприятиях, обеспечения технологических процессов требующих пар. В качестве топлива может использоваться природный газ, дизельное топливо, сжиженный газ, мазут, сырая нефть, отработанные масла [1].

Достоинствами блочно-модульных котельных являются:

- полная заводская готовность котельной, заказчик получает котельную полностью готовую к эксплуатации;
- простота, удобство и короткие сроки монтажа котельной;
- автономность котельной и отсутствие обслуживающего персонала.

В любой блочной котельной должна быть предусмотрена возможность отведения продуктов сгорания топлива (дымовых газов, сажи, пепла, копоти). Эту функцию выполняет дымовая труба — неотъемлемый элемент любой системы отопления.

Принцип работы дымовой трубы основан на наличии тяги, то есть подъемной силы, заставляющей продукты сгорания стремиться вверх. Она, в свою очередь, обусловлена разницей температур дымовых газов и окружающего воздуха. Главное требование, которое к ней предъявляется, — соответствие экологическим нормам по скорости и концентрации рассеивания выбросов. Также дымовая труба для модульной котельной должна быть надежной, безопасной, удобной в эксплуатации.

При проектировании дымовой трубы учитываются следующие характеристики [2,3]:

1. Высота дымовой трубы. Её правильный выбор позволяет обеспечить хорошую тягу и достаточную скорость рассеивания вредных выбросов.

2. Диаметр, который должен соответствовать объёму отводимых газов.

3. Расположение и количество газоотводящих стволов.

4. Материал изготовления дымовой трубы. Её наружная поверхность должна быть морозоустойчивой, внутренняя — гладкой, жаропрочной, способной противостоять коррозии и выдерживать воздействие агрессивной химической среды.

5. Тип теплоизоляции. Она необходима для предотвращения образования конденсата на внутренней поверхности дымовой трубы, для улучшения тяги и продления срока службы конструкции.

6. Возможность технического обследования и чистки газоотводящих стволов. Для этого в каждом из них предусматривается отверстие в виде окна с дверцами.

7. Надежное крепление дымовой трубы. Оно осуществляется разными способами. В зависимости от типа крепления различают дымовые трубы самонесущие, на ферме, на растяжках, фасадные, колонные.

Для отопления и горячего водоснабжения городских микрорайонов широкое распространение получили автономные модульно-блочные котельные с ферменными (мачтовыми) дымоходами, которые состоят из сварной фермы (металлическая конструкция из решёток и поясов), к которой в свою очередь крепятся вертикальные газоходы. Именно на ферму приходятся все основные нагрузки.

Дымовая самонесущая труба ферменного типа представляет собой трёх- или четырёхгранный пространственный блок (решетчатую колонну), состоящий, соответственно, из трёх или четырёх плоских ферм, объединённых раскосами и диафрагмами жёсткости. К блоку можно прикрепить от двух до четырех газоходов (по индивидуальному заказу и при наличии технической

возможности до шести газоходов) диаметром до 1,5 м каждый. Высота фермовой дымовой трубы может достигать 60 м. Газоходы могут размещаться как снаружи блока, так и внутри. Газоходы крепятся к колонне при помощи хомутов и кронштейнов.

Установка фермы осуществляется сначала в анкерную корзину, а затем в бетонный фундамент. Пример типовой дымовой ферменной трубы приведён на рис. 1.



Рисунок 1 – Типовая дымовая ферменная труба

Конструкции газоходов предусматривают возможность очистки дымовой трубы от грязи и сажи, а также отвода конденсата и осадков из нижнего модуля. Для технического обслуживания предусмотрены лестницы и площадки обслуживания, освещенные ограждения и молниезащита.

Авторам было предложено разработать проект решетчатой колонны высотой 36 м ферменной дымовой трубы под три дымохода диаметром 500 мм модульно-блочной котельной для теплоснабжения школы на 1100 учащихся и двух многоэтажных жилых домов переменной этажности из типовых секций башенного крана КБМ-401ПА-27-02 в одном из микрорайонов г. Пензы. Дымоходы расположены снаружи несущей фермы. Типовая секция



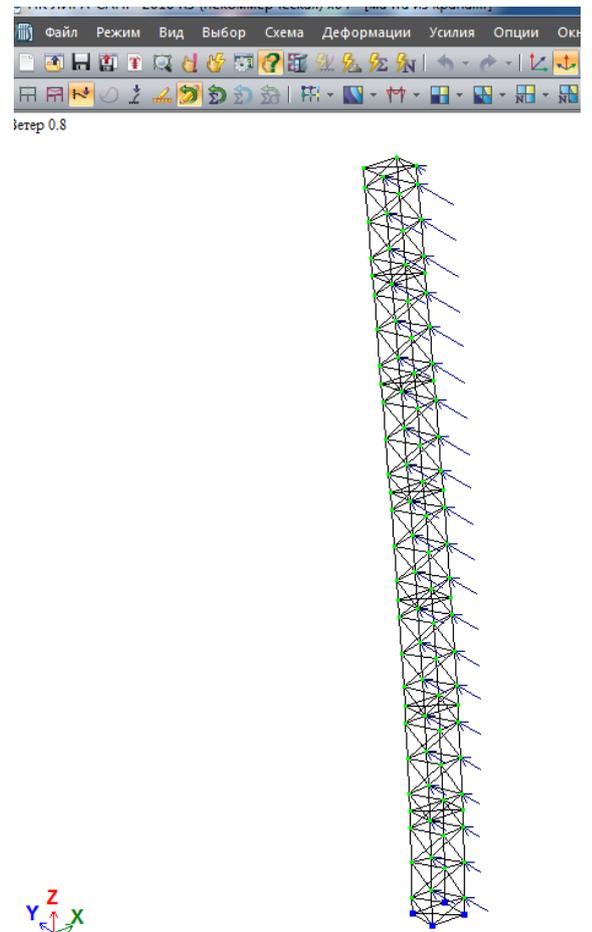
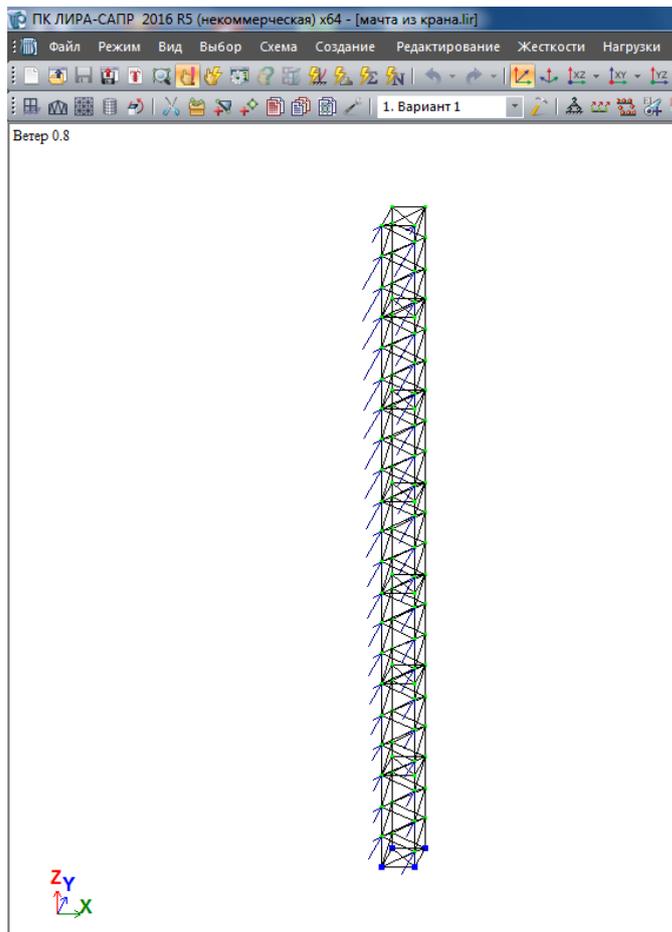


Рисунок 3 – Расчетная схема и схема деформаций от ветровой нагрузки фермовой мачты

По результатам расчёта подобраны диаметры анкерных и соединительных болтов, а также проверена прочность элементов поясов и решётки фермы (рис.4).

## Фермы

Элемент	НС	Группа	Шаг ребер (планок)	Примечание	Проценты исчерпания несущей способности фермы по сечениям, %										Длина элемента
					нор	УУ1	УЗ1	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС	2ПС	М.У	
Сечение: 1. Профиль "Молодечно" 180 x 180 x 8															
Профиль: 180 x 180 x 8; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82															
Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88															
Сортамент: УРАЛТРУБПРОМтрейд квадратные профили рекомендуемый сортамент															
1					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4.5										
					Профиль: 100 x 100 x 4.5; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
1	1			0	83	99	99	43	43	41	41	99	43	41	2.00
1	2			0	83	99	99	43	43	41	41	99	43	41	2.00
2					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4.5										
					Профиль: 100 x 100 x 4.5; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
2	1			0	79	94	94	42	42	40	40	94	42	40	2.00
2	2			0	79	94	94	42	42	40	40	94	42	40	2.00
3					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4										
					Профиль: 100 x 100 x 4; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
3	1			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
3	2			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
4					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4										
					Профиль: 100 x 100 x 4; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
4	1			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
4	2			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
8					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 80 x 80 x 4.5										
					Профиль: 80 x 80 x 4.5; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
8	1			0	74	96	96	53	53	28	28	96	53	28	2.00
8	2			0	74	96	96	53	53	28	28	96	53	28	2.00
9					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 80 x 80 x 4.5										
					Профиль: 80 x 80 x 4.5; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
9	1			0	73	95	95	53	53	27	27	95	53	27	2.00
9	2			0	73	95	95	53	53	27	27	95	53	27	2.00
10					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4										
					Профиль: 100 x 100 x 4; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
10	1			0	76	90	90	41	41	46	46	90	41	46	2.00
10	2			0	76	90	90	41	41	46	46	90	41	46	2.00
11					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 100 x 100 x 4										
					Профиль: 100 x 100 x 4; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										
11	1			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
11	2			0	79	94	94	42	42	47	47	94	42	47	2.00
15					Подобрано: 1. Профиль "Молодечно" 80 x 80 x 4										
					Профиль: 80 x 80 x 4; ГОСТ 30245-94; ГОСТ 25577-83; ГОСТ 8639-82										
					Сталь: С255; ГОСТ 27772 - 88										

Рисунок 4 – Результаты расчета фермовой мачты

Фермовая мачта из секций башенного крана приведена на рис. 5.



Рисунок 5 – Фермовая мачта из секций башенного крана

Таким образом, типовые секции башенного крана КБМ-401ПА-27-02 можно использовать в качестве опор для газоотводящих труб модульных котельных.

### **Библиографический список:**

1. Справочник «Промышленное газовое оборудование» / Издание 5. Под редакцией Е.А. Карякина, 2010.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*, М., 2011.
3. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*, М., 2011.
4. Зернов В.В. Определение внутренних усилий в элементах плоской стержневой системы на основе статической матрицы [Электронный ресурс] / В.В. Зернов, М.Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. 2019. №10. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-10-nov-2019/stroitel'naya-mehanika/2.2/view>.
5. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Опыт использования запаса несущей способности стропильной фермы при реконструкции производственного цеха [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2018. №7. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-isooruzheniya/7.20/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-isooruzheniya/7.20/at_download/file).
6. Зернов В.В., Зайцев М.Б., Анурьева Ю.В. Анализ устойчивости стержневых систем в упруго-пластической стадии работы [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №6. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomerazhurnala/no6/stroitel'naya-mehanika/6.4/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomerazhurnala/no6/stroitel'naya-mehanika/6.4/at_download/file).

7. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Определение предельной нагрузки для сжатого искривленного стержня фермы с учетом развития пластических деформаций сечения и реальных условий закрепления в узлах [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №2. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomerazhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.17/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomerazhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.17/at_download/file).