

УДК 624.072.33:699.1

М.В. ЯКОВЛЕВА

кандидат технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства,
заведующая кафедрой городского строительства и хозяйства
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

Е.А. ФРОЛОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

А.Е. ФРОЛОВ

ведущий инженер ОНИЛ «Реконструкция»
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЕМКОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОБУТАНА

ENSURING INDUSTRIAL SAFETY AT REPLACEMENT
OF TECHNOLOGICAL CONTAINERS PRODUCTION ISOBUTANE

Промбезопасность зависит не только от нормальной работы зданий и сооружений, но и от исправной работы технологического оборудования и фундаментов, на которых оно располагается. Исправное техническое состояние парка емкостей позволяет избежать преждевременного износа конструкций, обеспечить промышленную и экологическую безопасность.

В связи с проводимой реконструкцией, подлежат замене существующие емкости на горизонтальные, но большей вместимости, что накладывает дополнительные требования на безопасную работу постаментов, состоящего из трех рамных опор. Были проведены визуальное и инструментальное обследования, во время которых выявлены повреждения элементов объекта, проанализирована техническая документация, выполнены расчеты несущей способности и предложено усиление для обеспечения промбезопасности на опасном производственном объекте.

Ключевые слова: *грунты, основания, прочность, фундамент, рамная опора, железобетон, балка, статическая система.*

В настоящее время большое внимание уделяется промышленной безопасности опасных производственных объектов, под которой понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий и их последствий.

Перечень опасных производственных объектов (это могут быть цеха, участки, площадки) приведен в приложении 1 Федерального Закона №116 – ФЗ от 21.07.1997 г. [1].

Industrial safety depends not only on the normal operation of buildings and structures, but also on the proper functioning of the technological equipment and the foundations on which it is located. The proper technical condition of tank facilities helps to avoid premature wear designs, ensuring industrial and environmental safety.

Due to the ongoing reconstruction, to be replaced existing tanks to horizontal, but with a greater capacity, which imposes additional requirements for safe operation of a pedestal, consisting of three frame supports. Were held visual and instrumental examination, during which revealed damage of object elements, analyzed the technical documentation, calculations of load capacity and proposed strengthening for ensuring industrial safety at hazardous production facilities.

Keywords: *soils, base, strength, foundations, frame bearing, reinforced concrete, beam, a static system.*

К видам деятельности в области промбезопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасных производственных объектов.

Опасные производственные объекты - это цеха, связанные с переработкой нефти и нефтехимии с использованием в технологии углеводородов и других огнеопасных и взрывоопасных продуктов. Одним из

таких объектов является цех по производству изобутана, где ведется техническое перевооружение технологии, связанное с заменой технологических аппаратов на новые более емкие с повышенной массой. Общая компоновка расположения емкостей в плане представлена на рис. 1.

Нормальная работа таких емкостей зависит от уровня технического состояния несущих строительных конструкций постаментов, на которых они размещаются. Для оценки технического состояния несущих конструкций было проведено обследование подземной и надземной частей постамента.

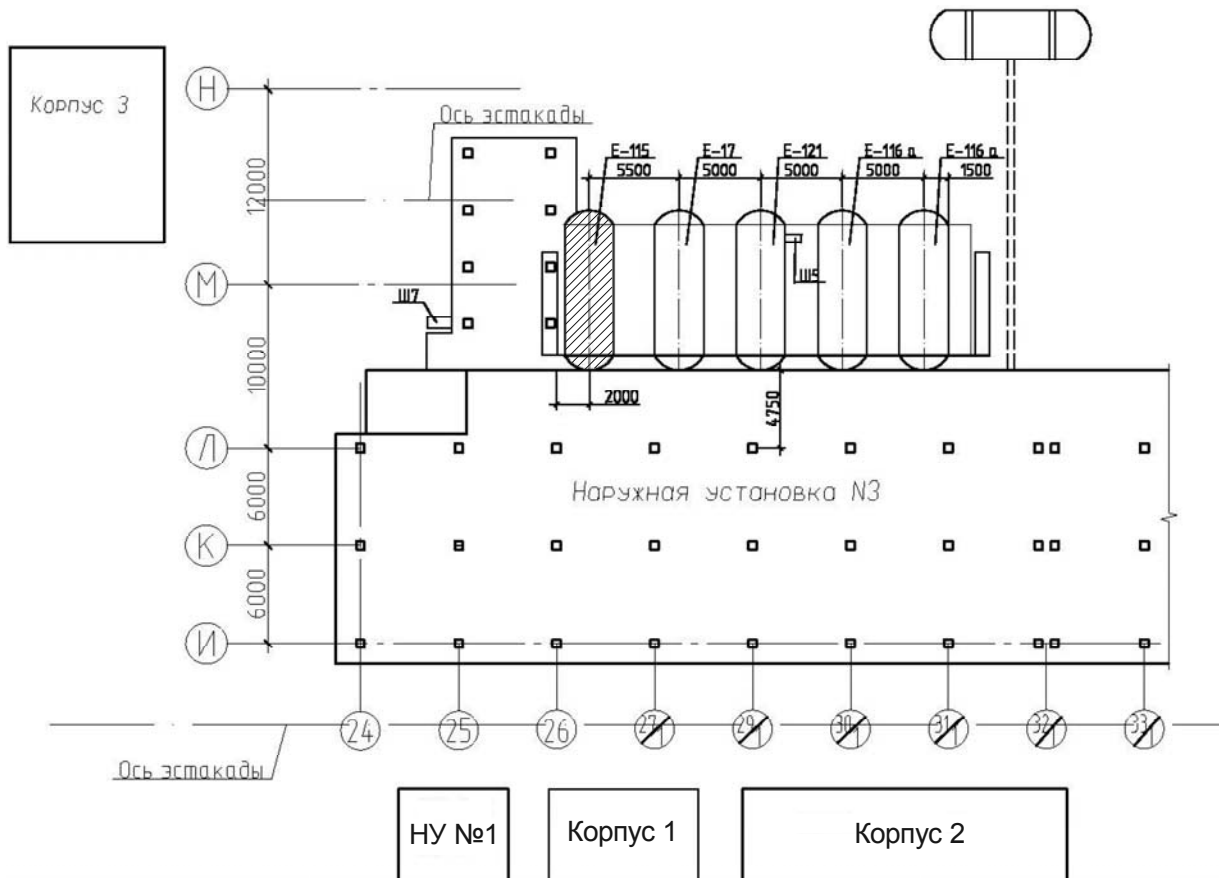


Рис. 1. Ситуационный план расположения ёмкостей наружной установки №3

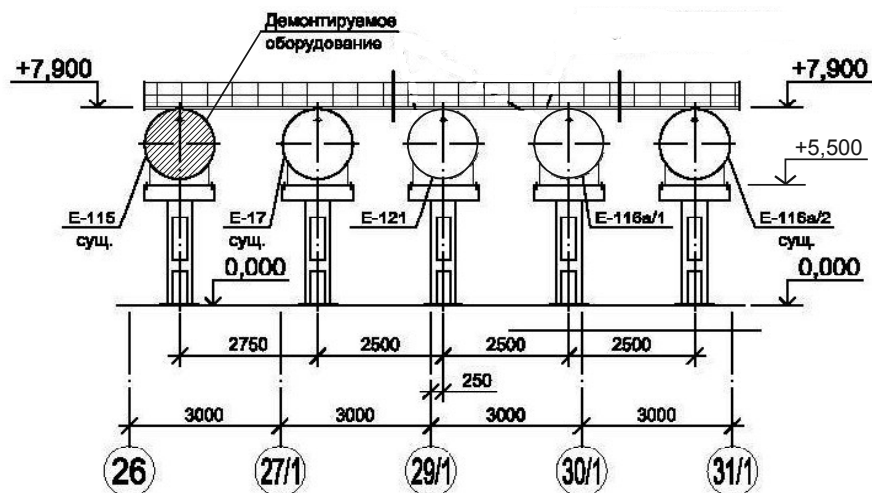


Рис. 2. Расположения ёмкостей на отметке 5,5 м на распределительных балках железобетонных опор

Паркинг представляет собой совокупность отдельных емкостей, каждая из которых устанавливается на постамент из трех рамных опор на отдельно стоящих фундаментах. Общий вид и компоновка отдельной рамной опоры показан на рис. 2 и 3.

Для исследования грунтовых условий и оценки фактического состояния фундаментов была намечена отрывка шурфов для отбора образцов грунта и исследования их в лабораторных условиях. Однако до конца открыть шурфы не удалось, так как на глубине 0,6 м оказались грунтовые воды.

Была исследована верхняя часть фундаментов и определена прочность бетона.

Состав грунтов и геологическое строение пород были изучены по данным отчета, проведенного три года назад изыскательской специализированной организацией ООО «Роспроект».

Основные характеристики грунтов приняты следующие:

- удельное сцепление $C_u = 13$ кПа;
- угол внутреннего трения - 23,0 градуса;
- модуль деформаций $E = 23$ МПа;
- удельный вес грунта - 18,4 кН/м³.

Грунтами оснований под фундаментами рассматриваемого объекта являются суглинки полутвердые, непросадочные и ненабухающие. Мощность суглинков – 14,0 м. Они подстилаются песчаным грунтом обводненным технической водой.

Расчетное сопротивление грунтов определено по формуле СНиП 2.02.01 – 83 и составило 265 кПа.

Расчетом установлено, что от массы емкости, равной 950 кН, веса железобетонных элементов постаментов и веса грунта на свесах фундаментов давление под подошвой составило 139 кПа, что меньше расчетного, равного 265 кПа.

Обследование фундаментов показало, что они не имели повреждений, а прочность бетона, замеренная приборами неразрушающего контроля, соответствовала классу В 12,5. Фундаменты находятся в работоспособном состоянии.

Технологические емкости располагаются на открытой площадке, над землей на отметке 5,5 м на трех рамных опорах с отдельно стоящими столбчатыми фундаментами. Конструкция их представлена на рис. 3 с размерами в плане 2,5х1,9 м, с глубиной заложения – 2,8 м. На рамные стойки через опорные балки устанавливается технологическая емкость.

Рамная стойка из сборного железобетона устанавливается в стакан фундамента, где после выверки вертикального положения она закрепляется и раз-

деляется бетоном. Поперечное сечение рамной стойки выполнено так, что из прямоугольного сечения с габаритами 1000х400 мм выбрано два продольных окна, в результате чего сечение каждой ветви составило 200х400 мм.

Поверх рамной стойки уложена распределительная железобетонная балка с поперечным сечением 600х400 мм, длиной 2,8 м. Опалубочные размеры и армирование рамной стойки и опорной балки представлены на рис. 4. Балки крепятся к раме с помощью закладных деталей на сварке и воспринимают нагрузку от емкости.

Для оценки технического состояния несущих конструкций постамента было проведено визуальное и инструментальное обследование [3] [4].

При визуальном обследовании установлено, что существующие емкости опираются на крайние опоры вместо трех по проекту. У средней опоры имеется зазор, что видно на фото 1 и 2. В распределительных балках обнаружены поперечные трещины в бетоне (фото 3, 4 и 5). В крайних рамных стойках обнаружены в нижней половине опор продольные трещины (фото 6).

Прочность бетона балки, найденная методом неразрушающего контроля с применением прибора «ОНИКС-2,5», составила В20 ($R_b = 11,5$ МПа, $R_{bt} = 0,9$ МПа).

Арматура соответствует проекту - она стержневая, класса А-III ($R_s = 355$ МПа). Балка армирована плоскими каркасами с рабочей арматурой Ø22 А-III и поперечной Ø12 А-III.

Расчет несущей способности по изгибающему моменту [2] определяется по формуле

$$x \cdot b \cdot R_b = R_s \cdot A_s,$$

где $A_s = 7,6 \text{ см}^2,$

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{355 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4}}{11,5 \cdot 40} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Изгибающий момент

$$M_{\text{нec.сп.}} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) = 355 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} (0,55 - 0,029) = 140,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

На основании статического расчета по схеме, приведенной на рис. 5, изгибающий момент составит:

$$M_{\text{изг}} = 156 \text{ кНм}, \text{ что } > M_{\text{нec.сп.}} = 140,5 \text{ кНм}.$$

Несущая способность недостаточна, требуется замена или усиление. Вариант предлагаемого усиления рекомендуется выполнить по схеме 1 (рис. 6).

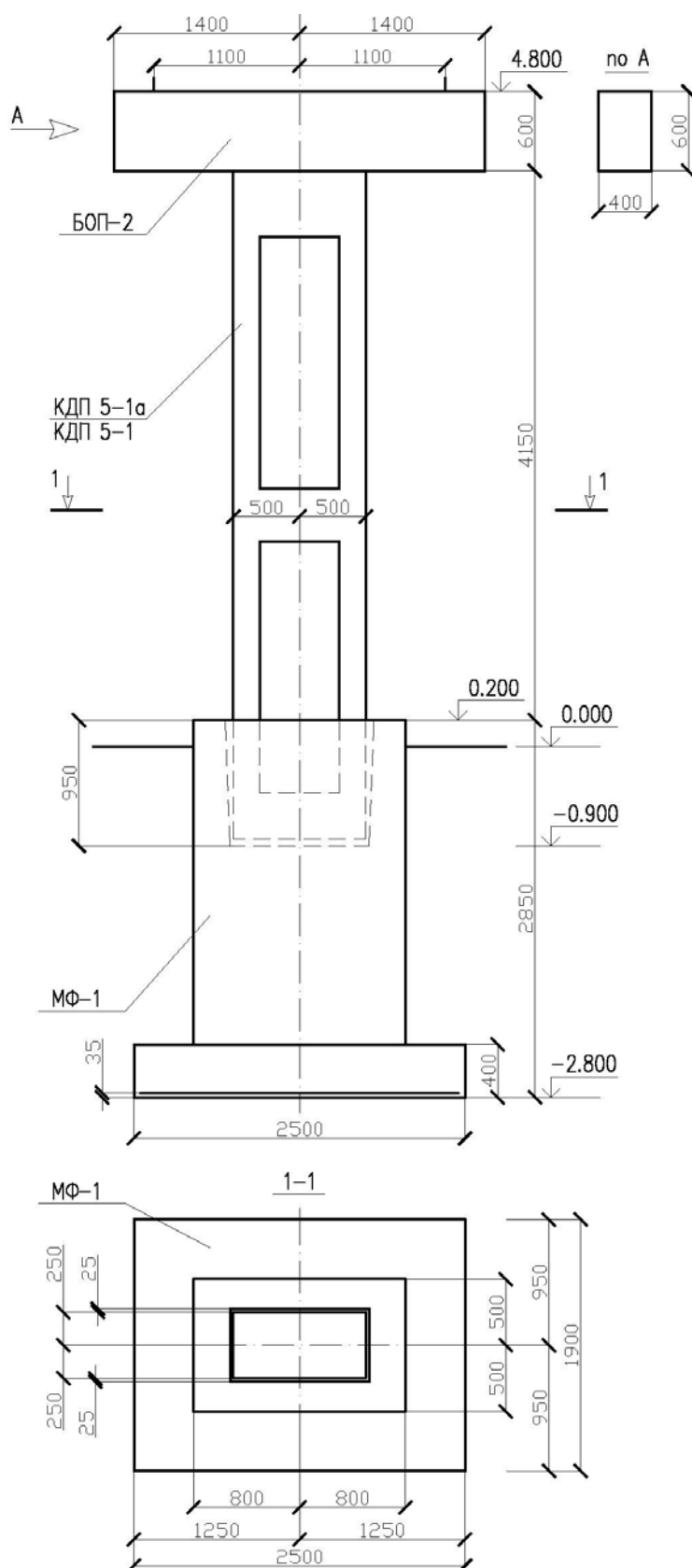


Рис. 3. Компонровка рамной опоры постамента под ёмкость Е-115

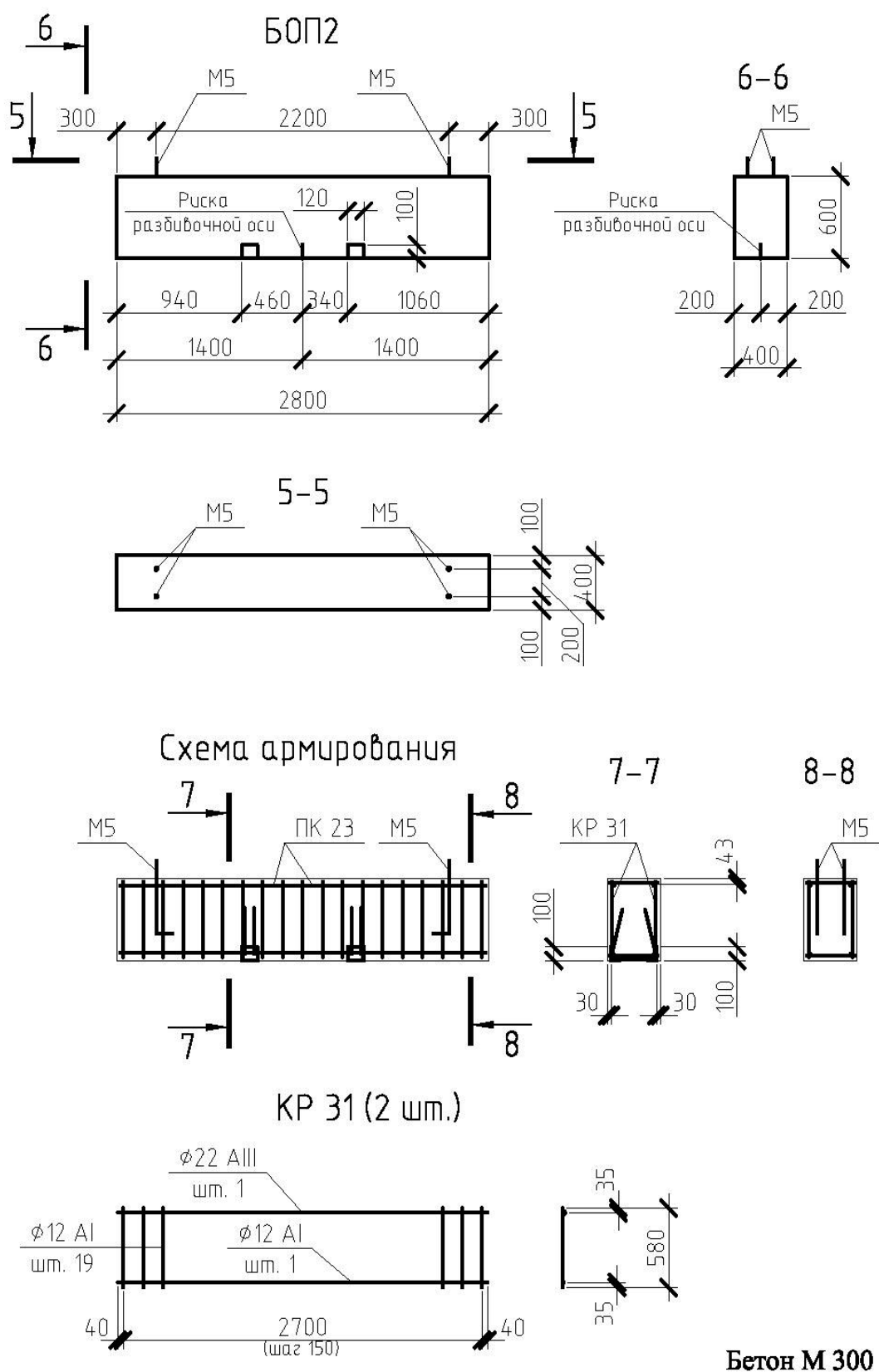


Рис. 4. Железобетонная балка БОП-2 для постаента под емкость



Фото 1. Общий вид парка емкостей



Фото 2. Из трех опор задействованы крайние рамные опоры



Фото 3. Вид со стороны крайней опоры



Фото 4. Балка средней опоры не повреждена



Фото 5. Фрагмент балки с трещинами



Фото 6. Продольные трещины в стойках рамной опоры

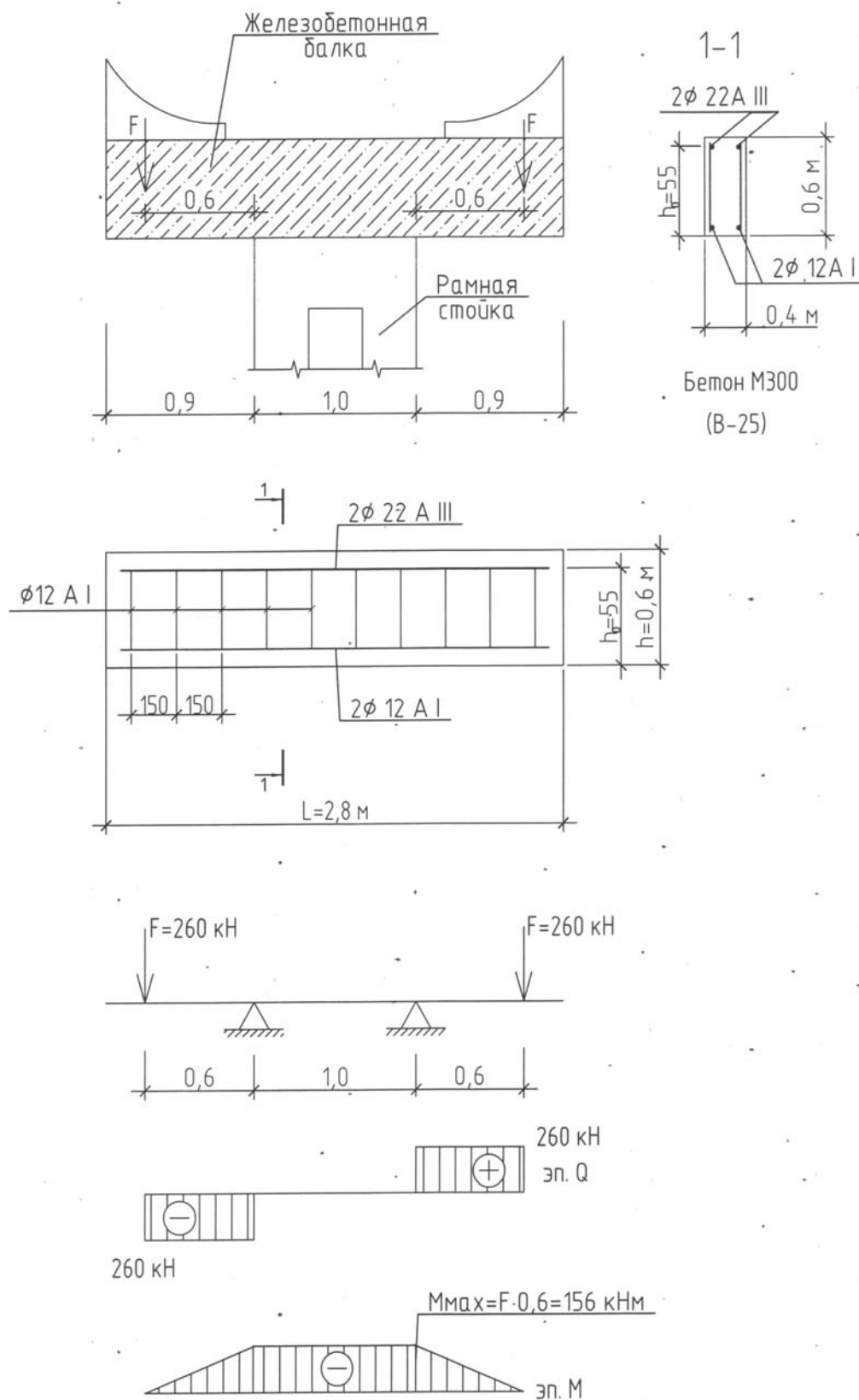


Рис. 5. Железобетонная балка опорной рамы под емкости

Расчет ведется по поперечной силе

$$Q_{b, \min} = R_{bt} \cdot b \cdot h_0 + q_{sw} \cdot c_0,$$

$$A_{sw} = 2,26 \text{ см}^2,$$

S = 15 см – шаг поперечных стержней.

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{S} = \frac{170 \cdot 2,26}{150} = 256 \text{ Н/мм};$$

$$\text{где } c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{q_{sw}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \cdot 400 \cdot 550^2}{256}} = 0,453 \cdot 10^3 = 453 \text{ мм};$$

$$Q_{b, \min} = R_{bt} \cdot b \cdot h_0 + q_{sw} \cdot c_0 =$$

$$= 0,9 \cdot 400 \cdot 550 + 256 \cdot 453 =$$

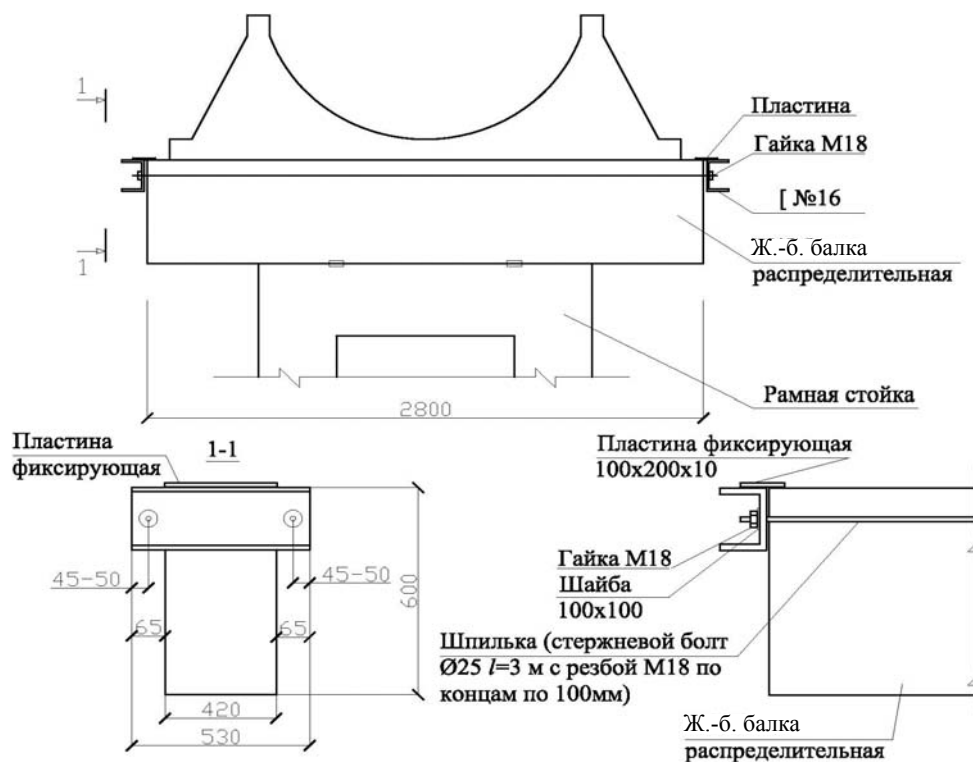
$$= 19,8 \cdot 10^4 + 11,6 \cdot 10^4 =$$

$$= 31,4 \cdot 10^4 \text{ Н} = 314 \text{ кН};$$

По статическому расчету Q = 260 кН;

260 кН < 314 кН. Прочность по Q обеспечена.

Трещины в нижней части ветвей железобетонных рамных опор появились из-за коррозии арматуры в результате воздействия нарастающей массы продуктов коррозии на бетонный массив. Ширина раскрытия трещин доходит до 0,3 мм. При дальнейшей эксплуатации, в зависимости от степени



Порядок производства работ:

1. Зачистить площадки опирания на ж.-б. балках под фиксирующие пластины.
2. Заготовить элементы усиления по схеме (МК), уточнив размеры по месту.
3. Установить отрезки швеллеров №16 в торцевых частях железобетонной распределительной балки, временно закрепить.
4. Пропустить сквозь отверстия в отрезках швеллера стяжные болты, заложить шайбы, навернуть гайки.
5. Затянуть гайки ключом до отказа, после чего их обварить (после разрешения на проведение сварочных работ).
6. Трещины разделить и затереть.
7. Ввести в работу среднюю рамную стойку посредством встречных клиньев.

Рис. 6. Схема 1 усиления распределительной железобетонной балки над рамной стойкой емкости Е-115

коррозии, ширина раскрытия трещин увеличится и может даже произойти отторжение бетонных кусков защитного слоя, а также нарушение сцепления арматуры с бетоном. Такие изменения могут привести к преждевременному отказу отдельных несущих конструкций и даже сооружения в целом.

Для обеспечения безопасной работы сооружения было рекомендовано [5] усилить нижнюю половину рамных стоек посредством металлической обоймы из продольных уголков №7, стянутых струбцинами в двух направлениях и скрепленных на сварке поперечными металлическими планками. Шаг планок принят равным минимальному размеру сечения ветви. Предварительно трещины должны быть расшиты и усиливаемое поле стоек изолировано нанесением защитного покрытия.

Исправное состояние всех элементов рамных опор - гарантия безаварийной работы парка емкостей, что отвечает не только условиям промбезопасности, но и экологической безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный Закон о промышленной безопасности на опасных производственных объектах [Текст]. – М., 116-ФЗ от 27.07.97 г.
2. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – М., 2004.
3. СП-13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений ГК РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу [Текст]. – М., 2004.
4. ГОСТ Р53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2010.
5. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП-101-2003) [Текст]/ ЦНТИПРОМЗДАНИЙ, НИИЖБ. - М., 2005.

© Яковлева М.В., Фролов Е.А.,
Фролов А.Е., 2013