

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
по вопросам
архитектуры и строительства

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

по усилению и реконструкции дефектных железобетонных фундаментов под машины с динамическими нагрузками.

(материалы для проектирования)

1994г.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
„ФУНДАМЕНТПРОЕКТ"
Санкт-Петербургское отделение

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВОПРОСАМ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ГПИ "ФУНДАМЕНТПРОЕКТ"
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

инв 12386

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

по усилению и реконструкции дефектных железобетонных фундаментов под машины с динамическими нагрузками.
(материалы для проектирования)

Начальник СПО ГПИ "Фундаментпроект" В. Ф. МАЛОВ
Главный инженер В. С. КУЗНЕЦОВ
Гл. инженер проекта Э. И. ЧАСОВ
Гл. инженер проекта Н. С. ГУРЬЕВА

С.-Петербург
1994 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ДАННЫЕ	1
I. Общие положения, цены и результаты работы. Классификация разрушений фундаментов	7
2. Основные причины образования трещин и дефектов	19
3. Характер развития трещин в фундаментах машин с динамическими нагрузками	29
4. Классификация усилений по функциональным и конструктивным свойствам	31
4.I. Функциональные свойства усилений	31
4.2. Конструктивные свойства усилений	33
5. Методические указания по комплексу работ при усилении дефектных фундаментов	38
6. Экономическая целесообразность проведения усиления и реконструкции фундаментов	43
РАЗДЕЛ П. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАДЕЛКЕ ТРЕЩИН ФУНДАМЕНТОВ МАШИН ЭПОКСИДНЫМИ КЛЕЕВЫМИ СОСТАВАМИ	44
I. Дефекты фундаментов, для которых рекомендуется склеивание	45
2. Свойства и компоненты клеевых составов	48
2.I. Физико-механические свойства клеев	48
2.2. Компоненты клеевых составов	53
2.3. Рекомендуемые клеевые составы	56
3. Подготовительные работы	59
3.I. Обработка поверхности вдоль трещины	59
3.2. Восстановление поврежденной арматуры	61
3.3. Высверливание отверстий под штуцеры	62
3.4. Штуцеры и их заделка в шпурах	64
3.5. Контроль установленных штуцеров	65
3.6. Поверхностная герметизация трещин	67

Стр.

4. Инъецирование трещины 69

4.I. Проведение работ по инъецированию 69

4.2. Ведение технической документации 71

4.3. Влияние вибраций на процесс отверждения клея 71

4. Техника безопасности 75

РАЗДЕЛ Ш. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСИЛЕНИЮ ДЕФЕКТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ 77

I. Основные положения 78

2. Усиление массивных фундаментов 80

2.I. Фундаменты стенчатые подвального типа 80

а) усиление фундаментов металлическими тросами 81

б) усиление фундаментов металлическими тяжами 82

в) усиление фундаментов обоймой с металлическими тяжами 83

г) усиление фундаментов жесткой металлической обоймой 85

2.2. Фундаменты с массивной верхней частью подвального типа 104

2.3. Фундаменты монолитные, установленные на эстакадах 108

3. Усиление рамных фундаментов 118

3.I. Монолитные и сборно-монолитные рамные фундаменты 118

3.2. Фундаментные опоры рамного типа 120

РАЗДЕЛ IУ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСИЛЕНИЮ ДЕФЕКТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА 128

I. Основные положения 129

I.I. Типы усилений, их особенности, требования к усилениям 129

Стр.

I.2. Способы увеличения величины связи между старым иукладываемым бетоном 131

I.3. Указания по расчету и конструированию железобетонных усилений 134

2. Проектирование железобетонных усилений 139

2.I. Железобетонные обоймы по внешнему и внутреннему контуру фундаментов 139

2.2. Железобетонные усиления в виде набетонок 153

ПРИЛОЖЕНИЯ I. Литература

ПРИЛОЖЕНИЯ 2. Пример расчета усиления фундамента компрессора 1Г-266/320 обоймой с металлическими тяжами

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. а) Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от отметки -0.8 м до отметки - 2.0 м

б) Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от отметки - I.2 м до отметки 3.95м

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Примеры расчетов технико-экономических показателей эффективности предлагаемых способов усиления и реконструкции дефектных фундаментов

Рекомендовано к распространению Главным управлением проектирования и инженерных изысканий Госстроя России.
Рекомендации по усилению и реконструкции дефектных железобетонных фундаментов под машины с динамическими нагрузками (СПб ГПИ "Фундаментпроект")- 1994г.
Приведены сведения о проведении визуальных и инструментальных обследованиях, предшествующих ремонтным работам, рассмотрены основные причины образования дефектов при строительстве и эксплуатации фундаментов и установленных на них машин, а также характер развития трещин фундаментов в процессе эксплуатации.

Рассмотрены типы усилений фундаментов по функциональным, конструктивным свойствам, методические указания по комплексу работ при усилении, экономическая целесообразность проведения усилений.
Даны материалы для практического применения - проектирования и осуществления ремонта посредством заделки трещин эпоксидными клеевыми составами, металлоконструкциями и с применением железобетона.

Предназначается для проектных и ремонтно-строительных организаций.

Разработаны Санкт-Петербургским ГПИ "Фундаментпроект" (198005, СПб, I-я Красноармейская, 11) проектирование и консультации по усилению и реконструкции фундаментов осуществляются отделом динамики, тел. (812) 318-55-90.

(- г.и.п., к.т.н. - Часов Э.И. 534-69-13)
(- г.и.п., - Гурьева Н.С. 395-10-35)

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ЦЕЛИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРУШЕНИЙ ФУНДАМЕНТОВ.

I) Массовые обследования фундаментов машин с динамическими нагрузками показали, что значительная их часть имеет трещины, вызванные дефектами строительства или эксплуатацией машин.

В некоторых случаях состояние трещин стабилизировалось и эксплуатация фундаментов оказалась возможной при наличии трещин при систематическом контроле за их состоянием.

Однако в большинстве случаев продолжалось дальнейшее развитие трещин. В результате этого фундамент расчленялся на части, связанные между собою арматурой. При дальнейшей эксплуатации без ремонта происходит разрыв арматуры. Раскол фундамента на части сопровождается резким увеличением вибрационного уровня фундамента, превышение амплитуд колебаний, допускаемых по нормам. Дальнейшая эксплуатация агрегатов на таких фундаментах становится невозможной, требуется либо ремонт фундамента, либо его замена на новый.

На рис. I и 2 приведены расположение трещин на фундаменте горизонтального двухрядного компрессора, создающего давление газа 320 атм., и на рис. 3 - перемещение точек фундамента в один момент времени (мгновенный векторный график). На этом рисунке показано развитие трещин, выражающееся в изменении амплитуд колебаний. Компрессор имеет угол заклинивания кривошипа между рядами 90^0, поэтому вектора амплитуд рядов низкого и высокого давления при наличии трещин по оси фундамента находятся под углом 90^0 по отношению друг к другу (график 1993 г.).

На фундаменте, не имеющем трещин, все вектора имеют одинаковое направление и величину (различия могут быть в пределах упругости бетонной конструкции график 1969 г.).

На рис.4 показано изменение вибраций фундаментов оппозитных компрессоров в зависимости от их состояния.

2) Для замены дефектного, непригодного для эксплуатации фундамента требуется не только разобрать в действующем цехе фундамент машины и возвести новый, но и провести сначала демонтаж машины, вспомогательного оборудования и коммуникаций, а затем, после восстановления фундамента, его монтаж и наладку. В непрерывных производствах часто бывает невозможным отключение машин и оборудования даже на непродолжительное время.

По опыту проведенных реконструкций, полная замена фундамента большого компрессора (типа 1ГК, 2ШЛК-1420, изображенных на рис. 1, 2, оппозитных шестирядных 6М40) занимает 6-9 месяцев. Поэтому экономические потери предприятие несет, в основном, не за счет стоимости строительно-монтажных работ, а вследствие потери объема выпускаемой продукции.

3) Инструментальные обследования вибраций фундаментов после их ремонта показали, что при правильно разработанном проекте усиления и точном его выполнении, фундамент после ремонта приобретает динамические свойства (параметры колебаний), соответствующие первоначально возведенному.

На рис.5 приведены результаты измерения вибраций фундамента горизонтального компрессора 1Г-266/320. На планах показаны смещения точек верхней грани фундамента в одно время цикла колебаний до и после мероприятий по ремонту фундамента:

а) В марте 1983 г. при контрольном обследовании (максимальная амплитуда колебаний - 615 мк, при допускаемой 390 мкм).

б) В мае 1984 г. - после заделки трещины по шву бетонирования и установки металлического усиления (максимальная-408 мкм).

в) В мае 1985 г. - после появления новых трещин, вызванных неудовлетворительным состоянием усиления (увеличение амплитуд до 899 мкм).

г) В апреля 1987г.- после склеивания вертикальных трещин, ремонта первоначального усиления и установки тяжей вокруг статорной ямы (наибольшая амплитуда колебаний - 487 мкм).

В то же время имелись случаи, когда осуществленные проекты усиления не приводили к положительному эффекту из-за недостаточной проработки проектных решений усиления. В качестве примера можно привести устройство вокруг рамного фундамента компрессора 2ШЛК-1420 в г.Рустави сплошной железобетонной обоймы, охватывающий фундамент снаружи и изнутри (рис.6). Толщина стенок обоймы составила 0,5-0,5 м (наружная и внутренняя), то есть равна толщине самой стены. Наружная и внутренняя стенки соединялись арматурными стержнями. Менее чем через год эксплуатации между старой и новой частями образовались трещины. Центральная часть, на которой собственно располагается компрессор, продолжала разрушаться, в результате чего фундамент вышел из строя окончательно и был разобран.

4) Необходимость настоящей работы вызывается отсутствием нормативной литературы, (инструкций, методик, технической литературы), обобщающей рассматриваемую тематику.

Целью работы является обобщение опыта проектирования и усиления дефектных фундаментов и выпуск рекомендаций, на

основании которых квалификационная ремонтно-строительная организация могла бы осуществить эффективную реконструкцию фундамента.

Материалы для практического применения при проектировании изложены в трех разделах:

Раздел П Рекомендации по заделке трещин фундаментов машин эпоксидными клеевыми составами.

Раздел Ш Рекомендации по усилению дефектов фундаментов с применением металлоконструкций.

Раздел IУ Рекомендации по усилению дефектных фундаментов с применением железобетона.

Указанные методы ремонта распространяются на работы по усилению (восстановление целостности фундамента без изменения конструктивной схемы фундамента) и реконструкции (восстановление работоспособности фундамента посредством введения в его конструкцию новых, отсутствовавших ранее элементов, сохраняющих или изменяющих первоначальную его схему).

5) Для решения вопросов данной работы использованы в основном результаты, полученные при обследованиях, приведенных С.-Петербургским отделением ГПИ "Фундаментпроект", являющимся специализированной организацией по рассматриваемой теме, а также материалы работ других институтов и литература по данной теме.

Инструментальные обследования на различных предприятиях фундаментов машин с динамическими нагрузками в зависимости от состояния фундамента проводились одноразовые и многоразовые.

Так на Новгородском предприятии "Азот" (в настоящее время "Акрон") фундамент компрессора с 1969 по 1992 г. был обследован 91 раз.

В процессе эксплуатации он неоднократно усилялся, что дало возможность продолжить эксплуатацию фундамента до полного физического износа установленного на нем компрессора.

6. При проведении обследований фундаментов с целью возможности дальнейшего использования и выбора мероприятий по их ремонту необходимо пользоваться классификацией степени разрушений железобетонных фундаментов, представленных в таблице I. В этой же таблице помещены и рекомендуемые мероприятия.

При разработке "Рекомендаций" учитывались существующие нормативно-инструктивные материалы и рекомендации технической литературы. Поскольку предлагаемые методы ремонта не вытекают из каких-либо отдельных документов, а являются обобщением практического опыта, ссылки на них в тексте не приводятся. Общий список литературы помещен в приложении № I.

Таблица I

Классификация разрушений железобетонных фундаментов

№№ пп	Степень разрушения	Характерные признаки	Рекомендуемые мероприятия
I.	Слабая	Образование трещин в местах наибольших усилий (не усадочных) с раскрытием до 2 мм Динамическое раскрытие трещин[x]) не превышает 50% нормируемой амплитуды колебаний фундамента по СНиП 2.02.05-87.	Проведение периодических обследований специализированной организацией, имеющей лицензию, I раз в год
2.	Средняя	Образование трещин в местах наибольших усилий с раскрытием до 5 мм, шелушение и сильное замасливание бетона Динамическое раскрытие трещин не превышает нормируемой амплитуды колебаний фундамента по СНиП 2.02.05-87.	Проведение периодических обследований I÷2 раза в год. При необходимости- ремонт.
3.	Сильная	Образование трещин с раскрытием более 5 мм, оголение и частичное разрушение арматуры, выпадение кусков бетона, смещение оборудования, расположенного на фундаменте Динамическое раскрытие трещин более нормированной амплитуды колебаний фундамента по СНиП 2.02.05-87.	Проведение инструментальных исследований нагрузок и несущей способности фундамента специализированной организацией, восстановление или усиление фундамента в соответствии с данными рекомендациями

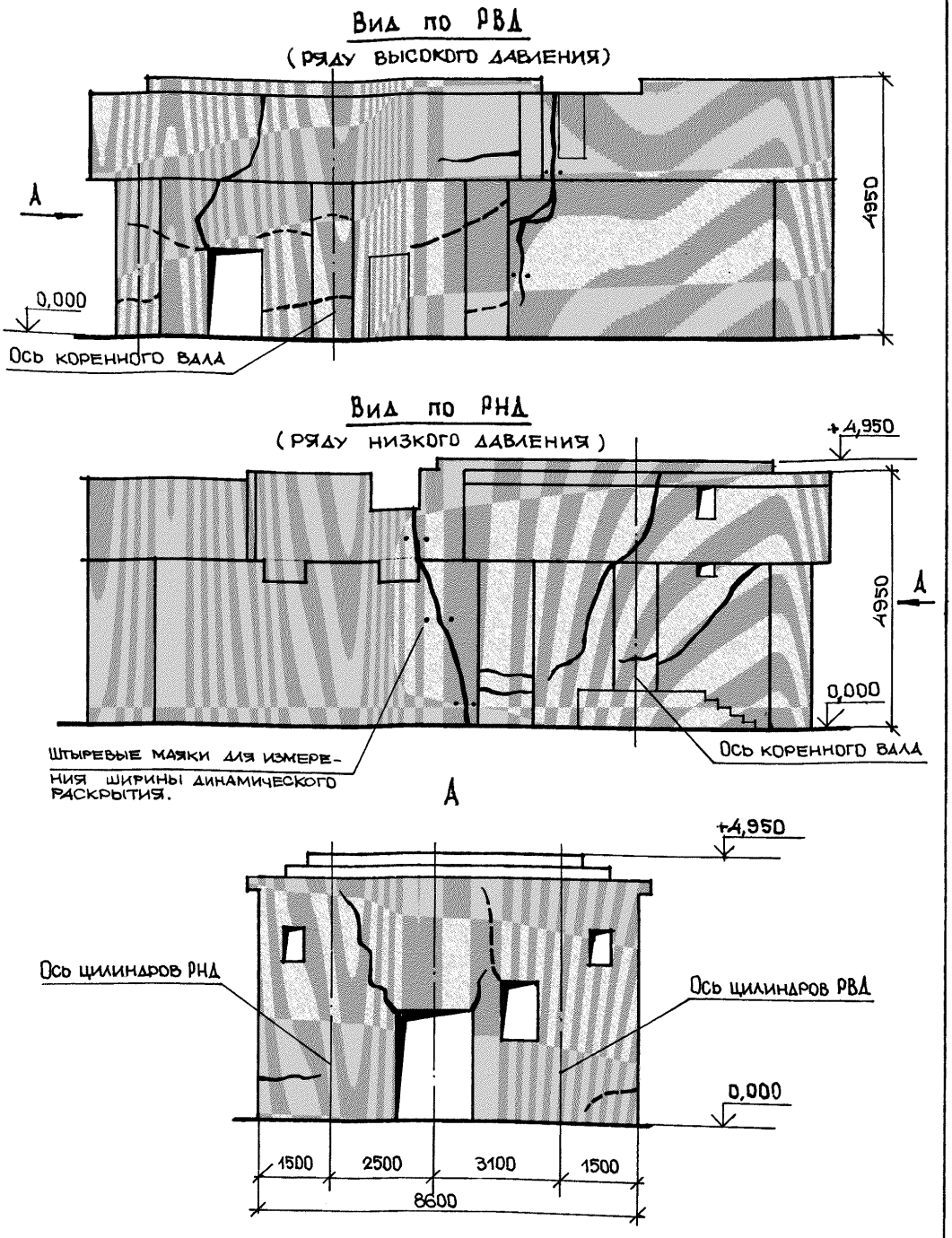
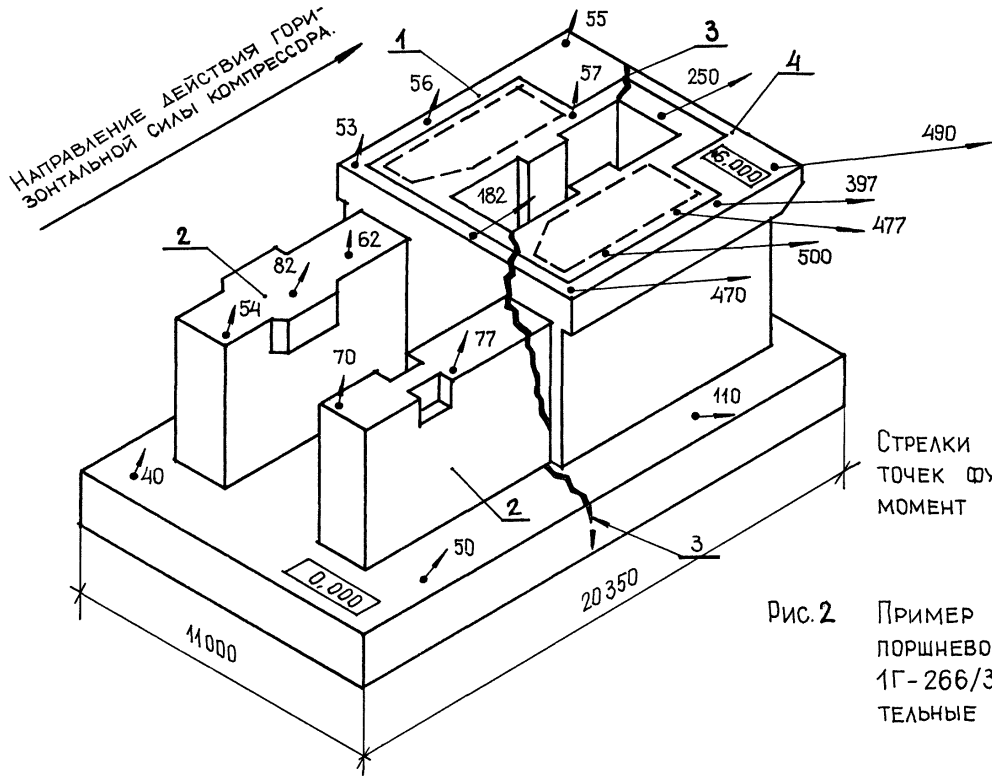


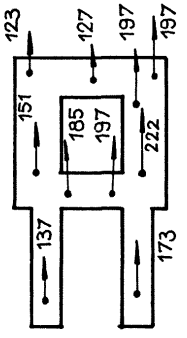
Рис. 1 Схема расположения трещин и штыревых маяков на фундаменте компрессора.
Ионавское ; ПО „Азот".



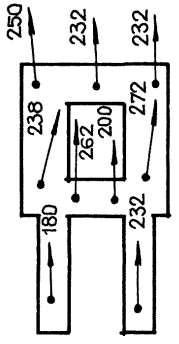
1. Основной массив фундамента.
2. Концевые ряды фундамента.
3. Прохождение вертикальных трещин.
4. Отколовшаяся часть фундамента

Стрелки обозначают вектора смещений точек фундамента, замеренные в один момент времени. (в микронах)

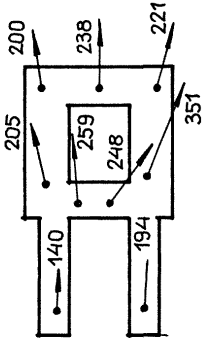
Рис. 2 Пример колебаний фундамента поршневого компрессора марки 1Г-266/320, имеющего значительные вертикальные трещины.



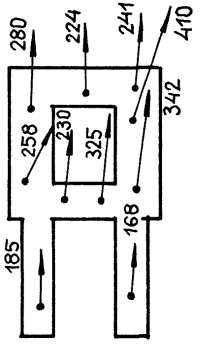
1969г.
Декабрь



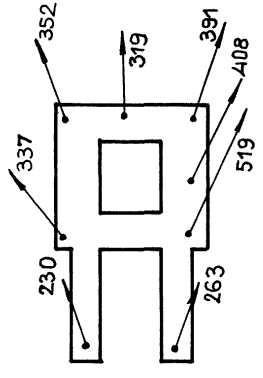
1975г.
Май



1985г.
Октябрь



1988г.
Февраль



1993г.
Декабрь

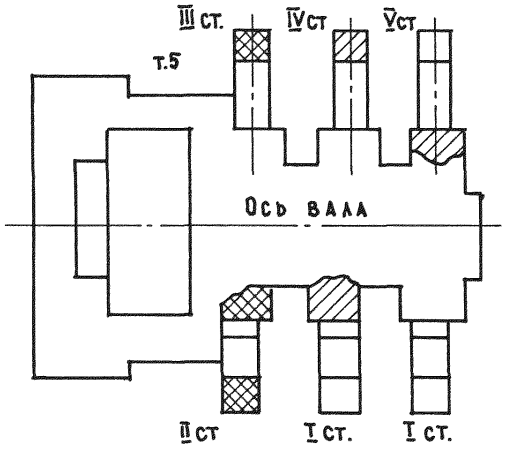
Примечание

Конструкция, размеры фундамента и обозначения аналогичны указанным на рис.

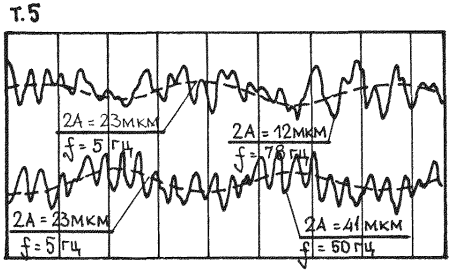
Рис.3 Измерение амплитуд и фаз колебаний фундамента компрессора 1Г-266/320 за период инструментальных наблюдений 1969 - 1993 г.

г. Новгород, цех метанола, ГК-3.

ФУНДАМЕНТ ГК-11

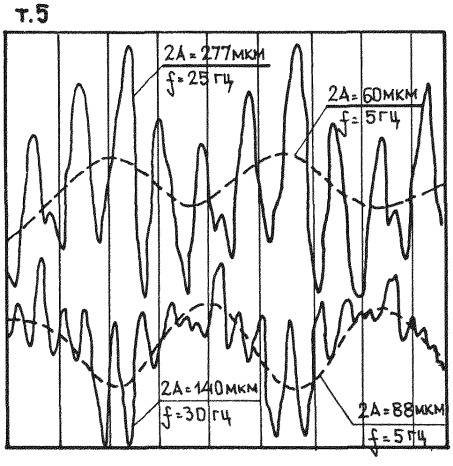


ГК-9



Осциллограмма фундамента без трещин.

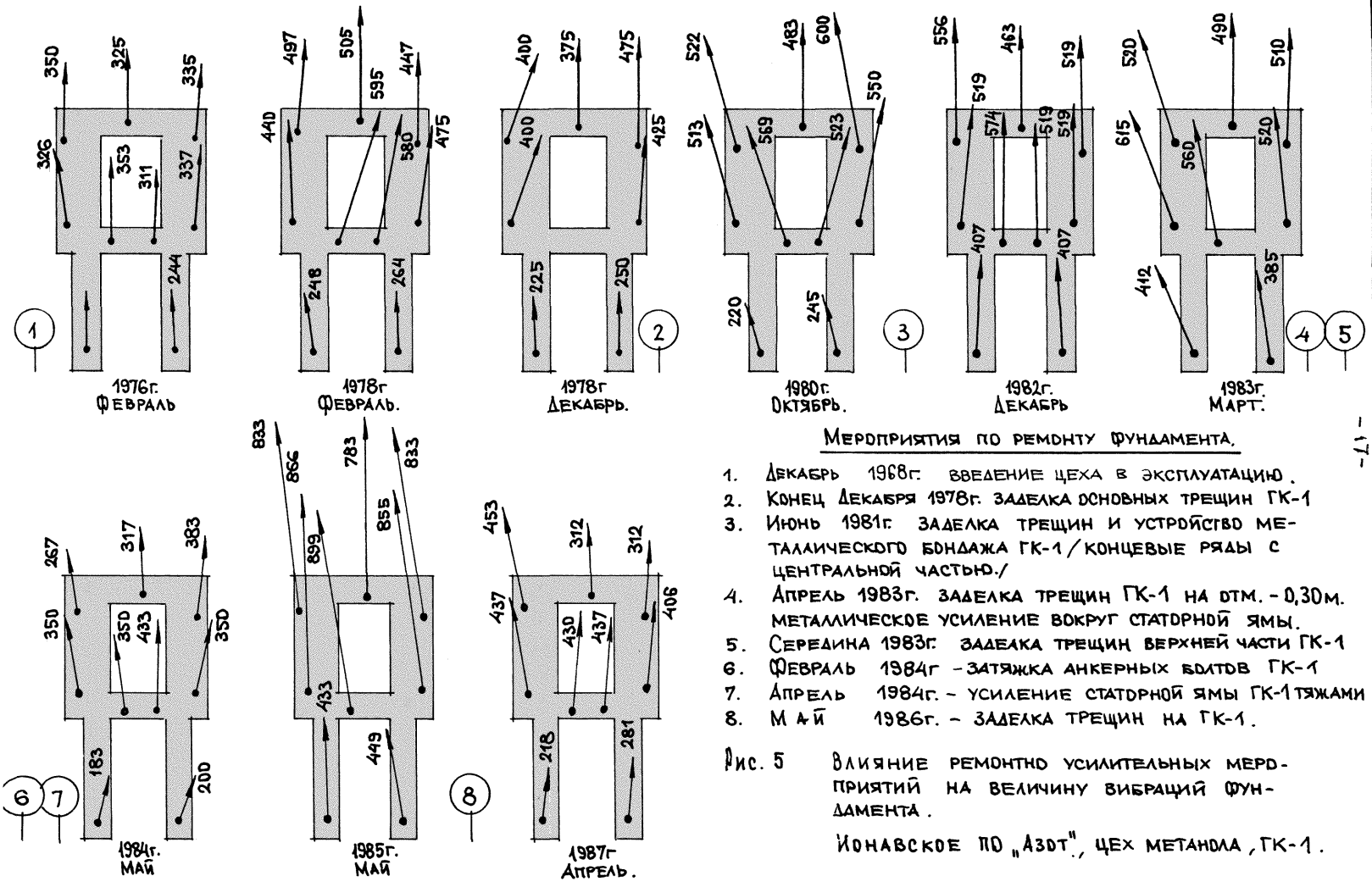
ГК-11



Осциллограмма фундамента на участке с трещинами.

Рис. 4 Изменение вибраций фундаментов оппозитных компрессоров типа 6М40-320/320 в зависимости от их состояния.

Руставский химкомбинат.



Мероприятия по ремонту фундамента.

1. Декабрь 1968г. Введение цеха в эксплуатацию.
2. Конец Декабря 1978г. Заделка основных трещин ГК-1
3. Июнь 1981г. Заделка трещин и устройство металлического бондажа ГК-1 / концевые ряды с центральной частью./
4. Апрель 1983г. Заделка трещин ГК-1 на отм. - 0,30м. металлическое усиление вокруг статорной ямы.
5. Середина 1983г. Заделка трещин верхней части ГК-1
6. Февраль 1984г - затяжка анкерных болтов ГК-1
7. Апрель 1984г. - усиление статорной ямы ГК-1 тяжами
8. Май 1986г. - заделка трещин на ГК-1.

Рис. 5 Влияние ремонтно усилительных мероприятий на величину вибраций фундамента.

Ионавское ПО „Азот", цех метанола, ГК-1.

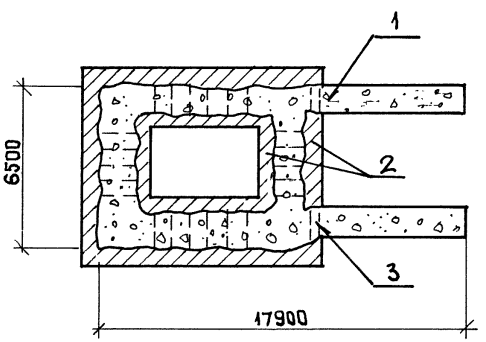


Рис. 6 Усиление сплошной железобетонной обоймой фундамента горизонтального компрессора 2ШЛК-1420. 1- фундамент, 2-обойма, 3-арматурные связи между внутренней и внешней частями обоймы.

Уставский химический комбинат.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН И ДЕФЕКТОВ

Способ ремонта фундамента, имеющего трещины или дефекты, во многом определяется характером трещин и причинами их появления.

Причины образования трещин и дефектов следует устанавливать посредством целенаправленных обследований. Наиболее верно определение состояния фундамента возможно при инструментальных обследованиях - посредством измерения величин и распределения амплитуд и фаз колебаний по частям фундамента, определения величин динамического раскрытия трещин, сдвига рамы машин, установленной на фундаменте.

В общем случае причины образования трещин можно разделить на три группы.

I) Строительные дефекты - трещины по швам бетонирования, пустоты, низкое качество бетона.

Трещины по шву бетонирования характеризуются различием структуры бетона выше и ниже неё. Трещина имеет четко выраженный характер, протяжение, в ней нет ответвлений. Протяжение трещины - горизонтальное, но если бетон не уплотнялся вибраторами, то трещина может идти под небольшим наклоном - от места сброса бетона вниз. Качество бетона выше и ниже шва обычно близко к проектному, поэтому такие трещины

легко склеиваются эпоксидными клеями.

Совсем другой характер трещин при низком качестве бетона вцелом. Трещины носят характер сетки или параллельных волнообразных линий. Первые присущи температурным разрушениям.

При разрушении от внутренних напряжений, возникающих от динамических сил машины, трещины идут параллельно, одни кончаются, другие продолжаются в этом же направлении, часто по несколько линий одновременно. Заделка эпоксидным клеем основной трещины или далее всех в рассматриваемом районе, не приводит к существенным результатам, так как через непродолжительное время в этом месте образуются другие, следующие по направлению с заделанными.

В таких случаях необходимо применять конструкции усиления, которые либо полностью заменяют слабую конструкцию на новую, например, железобетонная обойма, воспринимающая нагрузку от машины, либо препятствует образованию новых трещин, воспринимая часть нагрузки на себя, например, стяжка тяжами отколовшейся стены концевого ряда горизонтального компрессора.

Если трещины имеют сетчатый характер, одинаковой ширины, расползаются по ровной поверхности наподобие паутины-следует проверить, действительно ли эти трещины относятся к массиву бетона или поверх него имеется слой набетонки большой толщины (штукатурки).

Внешний вид трещин, описанных выше, приведен на рис.6.

На рисунке 7 приведена схема расположения горизонтальной трещины, образовавшейся по шву бетонирования, расположенного несколько ниже уровня пола цеха и потому не обнаруженная при визуальном обследовании. К предположению о наличии трещины

привело различие в амплитудах при измерении на полке фундамента и полу (более 2-х раз).
Вскрытие пола выявило наличие трещины по шву бетонирования и значительную величину динамического раскрытия трещины (по горизонтали 292-200-92 мкм).

К дефектам строительства следует отнести трещины, причиной которых является нарушение указаний по армированию. Так иногда при большом количестве приямков и технологических отверстий небольших размеров (по строительным нормам к ним относятся приямки со стороной до 600 мм) в арматурных чертежах помещают указание о необходимости вырезать в них арматуру, а взамен срезанной уложить коротыши равного сечения с заделкой их концов по 30 диаметров за грани приямков. При строительстве эти коротыши, как правило, не укладываются, так как на стройке их нет в натуре. Имеются случаи, когда из-за таких нарушений от фундамента откалывались участки или весь он раскалывалася на отдельные части.

В молотах наиболее частым дефектом является разрушение дна подшаботной ямы фундамента. Обычно разрушение вызывается **не низким** качеством бетона в фундаменте вцелом, а оштукатуриванием дна подшаботной ямы вследствие её неровности и уклона, образовавшихся при бетонировании. В таких случаях приходится заменять не только слой штукатурки, но и часть бетона фундамента.

К прямым дефектам строительства относятся случаи, когда арматура не была установлена по причине неудобства её укладки. Пример такого нарушения обнаружен при вскрытии арматуры, приведенном на рис.8.

2) Ошибки проектирования - неучет нагрузок, отсутствие нагрузок в задании на проектирование.

Характерным примером является откол банкетов под опорами ползунов оппозитных компрессоров или их откол в месте с частью фундамента (рис.9 и 10).

Теоретически оппозитные машины хорошо уравновешены и не должны передавать на фундамент динамических нагрузок. Под действием внутренних поршневых сил (на компрессоре 4М40- величина поршневой силы в каждом из четырех рядов - 40тс) происходит удлинение корпуса машины, вследствие чего усилие передается через анкерные болты на фундамент (банкеты). По строительным нормам такого рода усилия на фундамент при проектировании не учитываются. Откол банкетов имеется на большинстве фундаментов оппозитных компрессоров отечественного выпуска, особенно на первых их модификациях.

К дефектам проектирования следует отнести рассмотренные выше причины появления трещин вследствие отсутствия дополнительной арматуры взамен срезанной в местах приямков и отверстий. При наличии указания по срезке, в проекте в таких случаях необходимо предусмотреть дополнительные стержни, дать им порядковые номера и учесть в общем расходе арматуры.

Ярким примером ошибок проектирования являются фундаменты грануляторов типа СГК (диаметр 2-3 м, длина 10-15 м, частота вращения - до 5 оборотов в мин.). В СНиП 2.02.05-87 этот вид оборудования (как относительно недавно появившийся) отсутствует, а завод-изготовитель ("Уралтяжмаш") в задании на проектирование фундамента указывает только статические нагрузки. Практически все возведенные фундаменты вследствие разрушения верхней части и повышенных вибраций требуют усиления.

В фундаментах под вращающиеся печи цементных и аналогичных печей характерным является неучет вибраций приводных опор, возникающих при разрушении в процессе эксплуатации поверхности обода и катков, а также температурные разрушения опор горячего конца печи.

При проектировании печей пропаривания кирпича, имеющих 8-10 отдельных опор, один конец корпуса печи закрепляется на фундаменте, все же остальные 7-9 опираются на катки, позволяющие сдвигаться корпусу при нагревании.
Поэтому все опоры, кроме первой - одинаковы.
В действительности же, из-за разности температур верха и низа корпуса автоклава (температура пара 150-200^{0}, однако внизу скапливается конденсат, температура которого около 100^{0}) он выгибается вверх серединой и опирание происходит только на первую и 1-2 последние опоры. Неравномерные фактические нагрузки приводят к разрушению крайних фундаментов.

Как видно из описанных примеров, при дефектах данной группы необходимо выяснить ошибку проекта: усиление следует разрабатывать только после уяснения причины возникновения трещин. Новая конструкция должна в первую очередь исключать ошибку проекта.

3) Случайные причины образования трещин -

- к ним относятся нагрузки и воздействия, предусмотреть которые при проектировании было невозможно.

У компрессоров наиболее частым случаем является повреждение фундамента при взрыве трубопровода. При поломке движущихся частей поршневых компрессоров может возникать удар, приводящий в негодность не только сам компрессор, но и прилегающую часть фундамента. На турбокомпрессорах возможно

появление трещин при ударе, вызванном обломом лопатки-трещина возникает в верхней плите фундаментного болта, в котором компрессор не имеет температурного зазора.

Наблюдаются возникновение трещин в стенчатых фундаментах низкочастотных компрессоров и испытательных машин при заклинивании (зацеплении) ротора аа статор. Синхронные электродвигатели могут иметь диаметр ротора 3-5 м, ширина зазора - несколько миллиметров.

Фундаменты вентиляторов, особенно низкочастотных, устанавливаемых на градирнях и охладителях, имеющих большие диаметры (до 8-х м) разрушаются при отрыве лопаток или случайного попадания в них твердых предметов (например - лома при скалывании льда). Фундаментные болты рам вентиляторов разнесены по самым краям фундаментного массива и расположены на минимальном расстоянии от грани (по нормам - 100мм), сами фундаменты армированы слабо, поэтому происходит откол углов фундамента вместе с фундаментными болтами.

Зафиксирован случай скола верхней части фундамента, возникшей при пробном спуске лесопильной рамы в лесоцехе.

На грануляторах (типа СГК) и опорах вращающихся обжиговых печей случаются трещины от сдвига рам катков, которые возникают при внезапном разрушении катка или обода отколе кромки катка или обода.

На фундаментах разрушение дна подшаботной ямы может произойти из-за неправильного режима работы - ковки холодных деталей.

Во всех случаях этой группы имеется конкретное разрушение фундамента, причина которого известна и, как правило, не повторится. Динамическое воздействие далее продолжаться не будет,

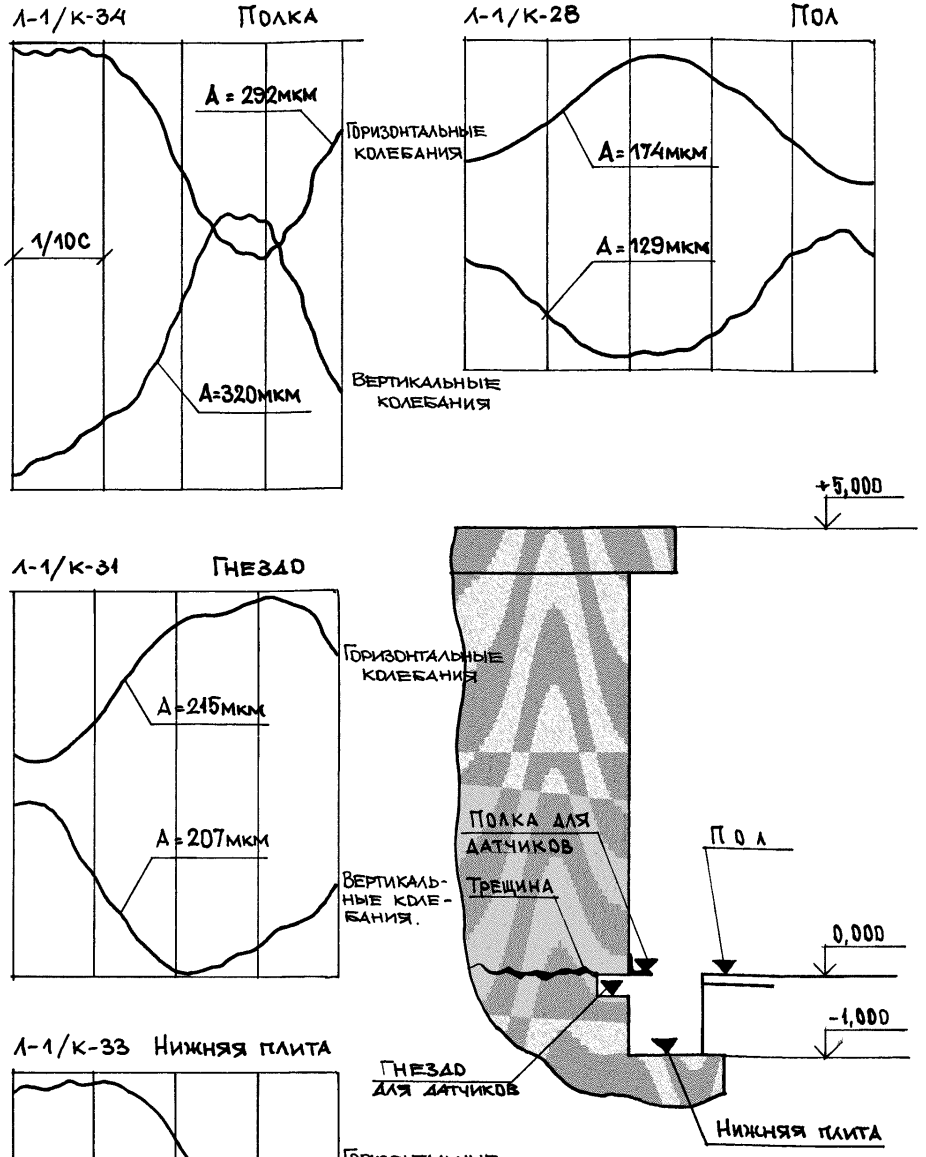


Рис. 7 Колебания фундамента компрессора 1Г-266/320 при наличии горизонтальной трещины по шву бетонирования

Ионавское ПО „Азот", цех метанола.

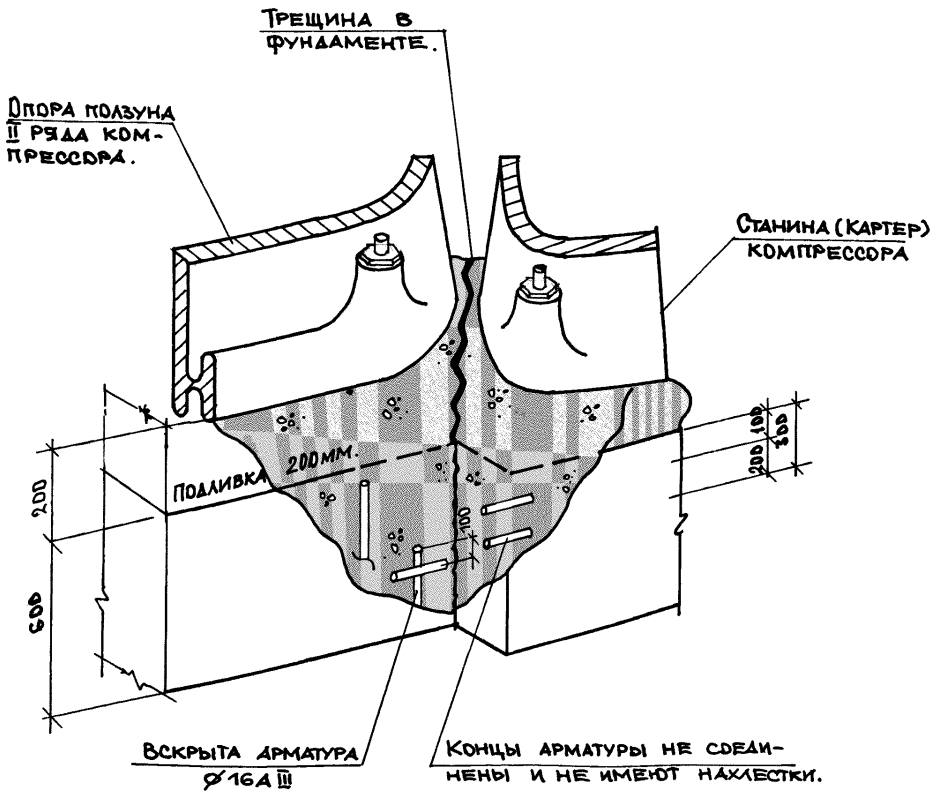


Рис. 8 Пример образования трещины в том месте, где арматура не была установлена при строительстве.

Предприятие г. Химки.

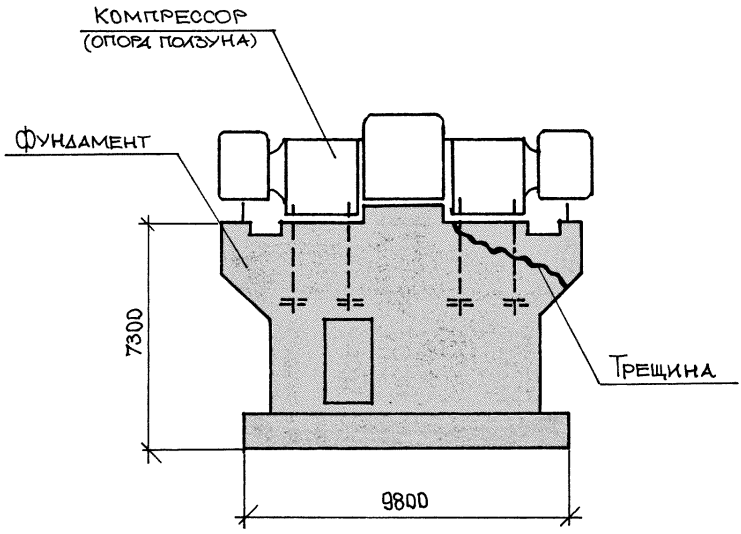
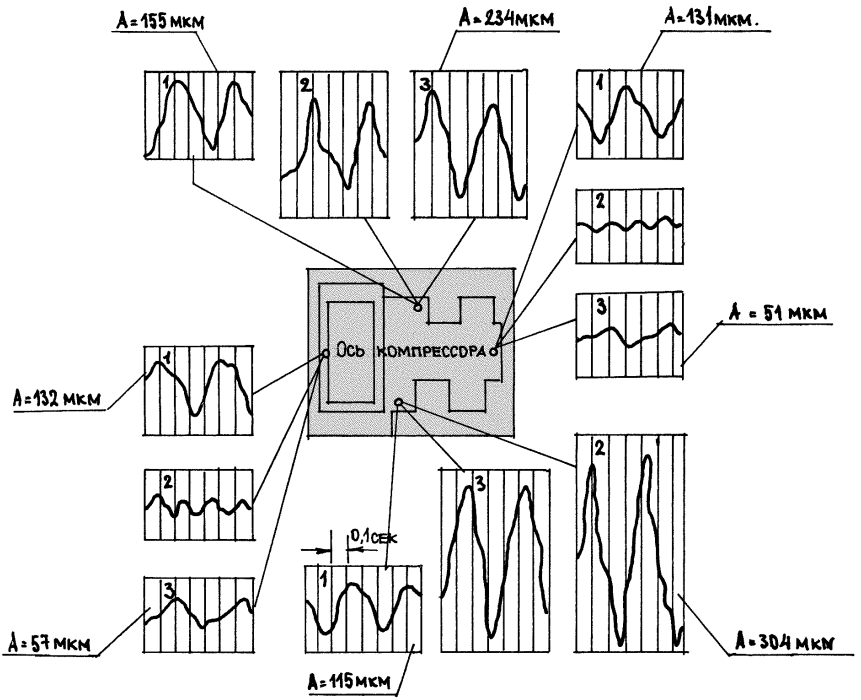


Рис. 9 Откол верхней части фундамента оппозитного компрессора, вызванный неучетом поршневых сил при проектировании.

Виброграммы амплитуд колебаний фундаментов компрессора.



1,2,3 номера фундаментов.

Направление колебаний - X

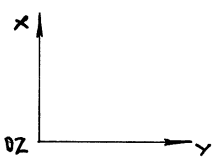


Рис. 10 Колебания фундаментов оппозитных компрессоров 4М25-225/22. N 1,2,3

г. Сумгаит. Завод органических продуктов.

поэтому ремонт сводится к разовым мероприятиям по восстановлению первоначальной конструкции.

3. ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В ФУНДАМЕНТАХ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ.

Характер разрушения железобетонных фундаментов машин с динамическими нагрузками принципиально отличается от разрушения конструкций под действием статических нагрузок.

Разрушение железобетонной конструкции под действием статической нагрузки происходит практически мгновенно. Приведем ряд примеров: обрушение кровельного покрытия (козырька) из-за скопления на нем удобрений, просыпаемых из транспортера или выбрасываемых из выхлопной трубы; обрушение подкрановой балки, перекрытия из-за сдвига колонн при неравномерных осадках; скол опоры (консоли), на которую опирается балка, прорыв стенки железобетонного резервуара, обрушение эстакады от намерзшего льда, образовавшегося из-за протечки воды из трубы.

Возможность всех этих аварий, вообще говоря, можно было предусмотреть заранее: оценить вес скопившегося удобрения и убрать его, проводить наблюдения за осадками, заметить трещину на опоре балки, отметить просачивание жидкости через стенку резервуара, во-время ликвидировать протечку трубы и сколоть

лёд. Само обрушение - с момента начала сдвига до полного выхода конструкции из строя - длится секунда.

Совершенно по иному происходят аварии фундаментов машин. В практике наблюдений и технической литературе не имеется случаев мгновенного разрушения фундаментов машин (случаи разрушения фундаментов от взрывов газа, аварий самой машины здесь не рассматриваются). Процесс разрушения фундаментов является длительным, многофазовым и многоплановым. Он начинается с образования единичных мелких трещин, развития трещин по ширине статического и динамического раскрытия, далее их количество увеличивается, а ширина, длина и динамическое раскрытие возрастают. Начинается отслоение бетона от арматуры, постепенный (последовательно от края трещины) разрыв арматуры. Процесс увеличения трещинообразования сопровождается повышением вибраций отдельных частей и фундамента вцелом. Суть аварии состоит не столько в разрушении фундамента, сколько в выходе из строя самой машины. Последнее может сопровождаться вторичными явлениями, часто более опасными - например, взрывом сжатого воздуха или газа, при котором могут быть уничтожены все строительные конструкции (здание).

Особенности характера разрушения фундаментов машин, заключающиеся в постепенном, длительном выходе его из строя посредством развития трещин и повышением уровня вибраций, позволяют продолжать эксплуатацию фундаментов, имеющих трещины, достаточно продолжительное время.

Эти специфические особенности разрушения железобетонных фундаментов машин позволяют посредством регулярно проводимых обследований установить состояние фундамента, при котором необходимо осуществить его усиление.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ УСИЛЕНИЙ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ И КОНСТРУКТИВНЫМ СВОЙСТВАМ.

При принятии решения о способе усиления дефектного фундамента и разработки проектной документации на его осуществление, проектировщик должен четко представить, какой из способов усиления может принести наибольший эффект и обеспечивает долговечность работы фундамента, равную сроку эксплуатации машины.

Все это требует четкого разграничения усилений по функциональным и конструктивным свойствам.

4.I. Функциональные свойства усилений.

Усиление по своей сущности может выполнять две функции.

I) Конструкция усиления принимает на себя функции фундамента машины с динамическими нагрузками, то есть являться основанием машины. Фундамент в этом случае становится промежуточным звеном, связывающим машину с усилением, его состояние после ввода в эксплуатацию усиления не имеет существенного значения.

Примером может являться усиление стенчатого фундамента

горизонтального компрессора (см.рис. I;2) металлическим бандажом, охватывающем весь фундамент по внешнему периметру. Тяжи металлического усиления воспринимают горизонтальные неуравновешенные силы компрессора в пределах надземной части фундамента. При создании в тяжах усилий, больших в I,5-2,0 раза величины горизонтальной силы компрессора, динамическое раскрытие трещин прекращается, но статическое раскрытие трещин при этом остается прежним. Поскольку все части фундамента теперь двигаются одновременно, без различия величин и фаз колебаний, то его в этом случае можно считать единым массивом, идентичным по своим свойствам целому, без разрушений фундаменту.

Следовательно, отличительная черта этого типа усиления-необходимость расчета элементов усиления на динамические нагрузки, возбуждаемые машиной.

2) Конструкция усиления восстанавливает первоначальные свойства фундамента, нарушенные трещинами или другими дефектами.

Такие функции несет склеивание трещин фундамента. После склеивания распределение напряжений внутри бетонного массива фундамента возвращается к первоначальному, как было до образований трещин.

Другим примером является устройство местного бандажа (обоймы) колонны рамного фундамента, целостность которой оказалась нарушенной из-за появления пустот при бетонировании. Обойма восстанавливает несущие свойства колонны (а, следовательно, всего фундамента) до проектной (собственные частоты такого усиленного фундамента равны частотам такого же, не имеющего дефектов.

Как видно из указанных примеров, такой тип усиления не нуждается в расчетах или расчеты невозможны (малоточны).

4.2. Конструктивные свойства усилений.

Конструкция усиления определяется в первую очередь видом используемого материала. Усиления могут осуществляться в виде:

1 - металлическое усиление;
2 - железобетонное усиление;
3 - клеевые составы;
4 - комбинированные усиления (сочетание любых двух видов или совместное).

I) Металлическое усиление имеет ряд достоинств и недостатков.

Достоинствами являются возможность усиления фундаментов практически всех конфигураций, малая масса усиления, не меняющая частоту собственных колебаний фундамента, возможность проведения всех работ практически без остановки машины.

К недостаткам относится малая жесткость конструкций усиления: упругие деформации в направлении линии действия сил могут быть соизмеримы с величинами амплитуд колебаний, отсутствие жесткости в направлениях, не совпадающих с линией нагрузок (осями элементов).

Как видно, указанные свойства металлических усилений наиболее целесообразно использовать для усилений с функцио -

нальными свойствами, описанными выше в п.А-I. Их удобно применять при единичных трещинах, возникших под воздействием неуравновешенных сил машин.

2) Усиления из железобетона могут создать значительную жесткость во всех направлениях, что очень важно, если нагрузки в разрушенном элементе фундамента являются ненаправленными (Например: вибрации под опорой вращающейся печи, гранулятора), имеют во всех трех направлениях примерно одинаковую величину. К достоинствам относится простота осуществления работ, дешевизна.

Недостатками являются: невозможность ведения работ при эксплуатирующемся оборудовании, значительное время производства работ, в том числе за счет времени, необходимом для набора прочности бетоном, возможность ошибок при производстве работ, могущих свести к нулю эффект усиления, необходимость значительного свободного пространства.

3) Усиление посредством склеивания имеет целью привести фундамент к неразрушенному состоянию, соответствующему первоначальному, проектному.

Склеивание осуществляется посредством нагнетания в трещины клеевого состава.

Клеевой состав должен обладать рядом свойств:

- прочность отвердевшего клея должна быть не ниже прочности бетона конструкции;
- сцепление клея должно иметь сцепление с бетоном больше, чем прочность самого клея (иначе произойдет отрыв клея от стен трещины);

- клей в момент нагнетания должен иметь пластичность, позволяющую проникать при относительно невысоких давлениях (технологическое давление воздуха в сети принято 8 атм, в редких случаях - до 26 атм), в трещины с минимальным раскрытием 0.1-0.2 мм.

Клеевые составы могут быть на основе цементного раствора, жидкого стекла, фуроловых смол, эпоксидных смол.

Цементные составы имеют малую проникаемость в трещины малую прочность, поэтому их применение ограничено.

Недостаточно прочным является жидкое стекло; клеи из фуроловых смол обладают малыми проникающими свойствами (они пригодны как мастика на стыке старого и нового бетонов, в качестве вяжущего для быстротвердеющего бетона.
Всеми необходимыми свойствами обладают клеевые составы, замешанные на эпоксидных смолах. Поэтому далее в главе II рассматриваются только эпоксидные клеи.

4) Комбинированными являются усиления, в которых используются два любых описанных вида, или все три вида материалов. Они являются наиболее эффективными, надежными.

Ранее в Разделе IУ описывается железобетонное усиление большого железобетонного фундамента поршневого компрессора, который менее чем через год вышел из эксплуатации.
Разрушение не произошло бы, если между обоймой и старым фундаментом было бы произведено нагнетание эпоксидного клея, который бы объединил их в общий массив.- Примеры эффективных усилений, такой конуструкции описываются в Разделе IУ.

На рис.II приведены примеры сталебетонных усилений фундаментов, а на рис.I2 показана установка выпусков, заделанных

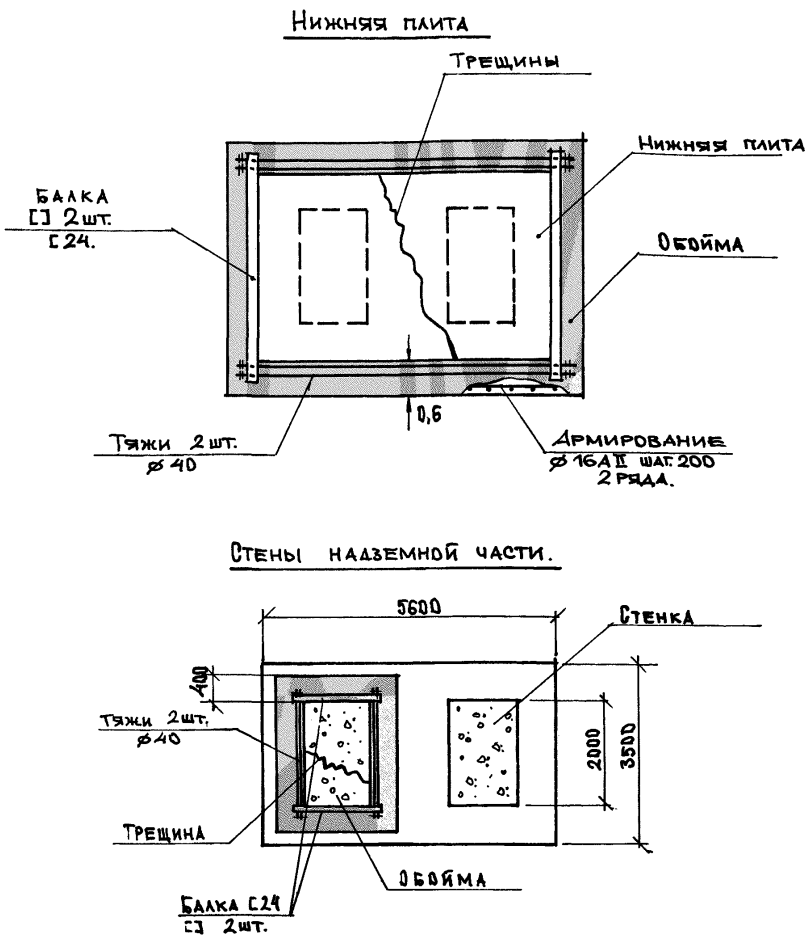


Рис. 11 Усиление фундамента вертикального компрессора железобетонной обоймой.

Стерлитамский завод.

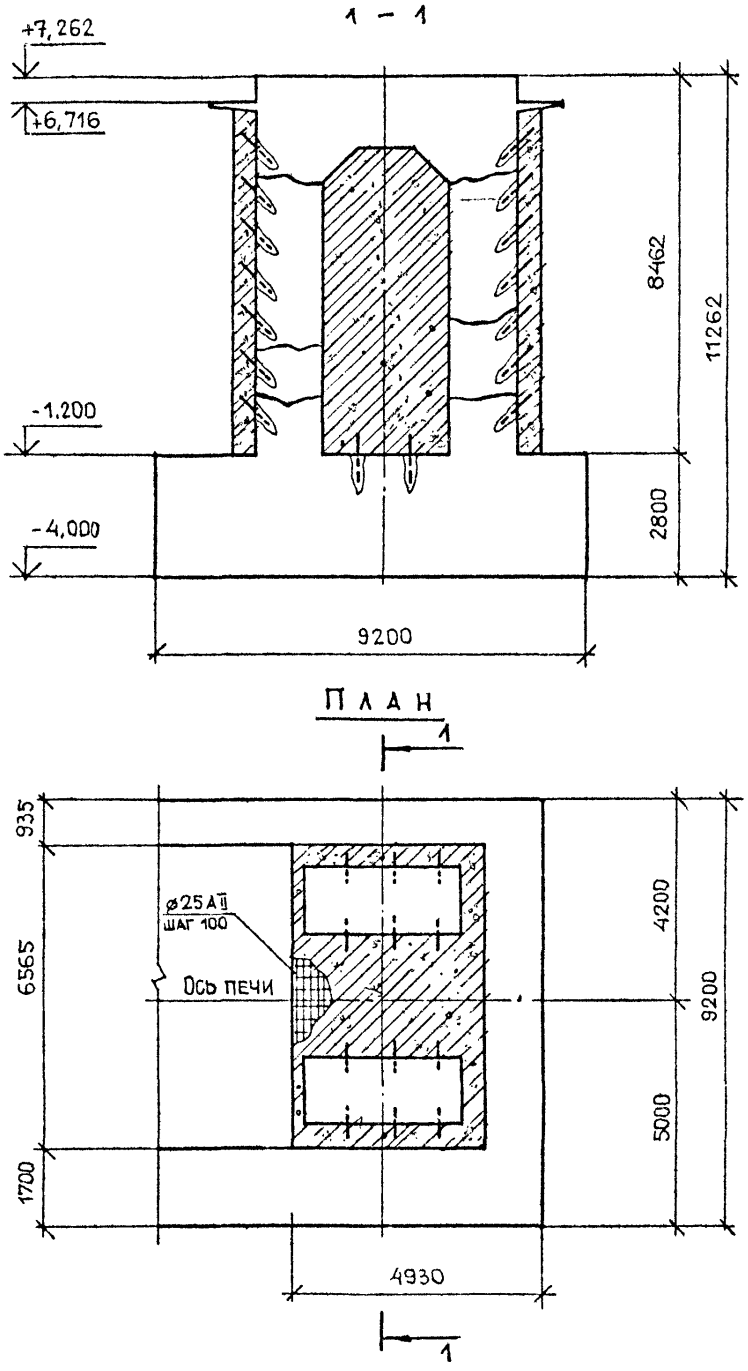


Рис. 12 Усиление приводной опоры цементной печи железобетонной обоймой с предварительным склеиванием трещин и установкой выпусков на эпоксидном клее. (Челябинский металлургический завод)

в бетоне на эпоксидном клее.

Комбинированные усиления не вынесены в определенный раздел, так как служат для расширения возможностей и свойств основных типов усилений (металлического, железобетонного склеивания).

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОМПЛЕКСУ РАБОТ ПРИ УСИЛЕНИИ ДЕФЕКТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.

При проведении ремонта дефектного фундамента машины, имеющей динамические нагрузки, в общем случае, необходимо проделать следующие работы:

I) Проведение визуального обследования фундамента.
2) Обследование машины, установленной на фундаменте.
3) Инструментальное обследование вибраций фундамента и опорных частей машины.
4) Составление заключения по обследованию.
5) Выбор схемы усиления и его типа.
6) Разработка рабочей документации на усиление и ППР.
7) Проведение работ по усилению.
8) Контрольное обследование.

Рассмотрены особенности каждого этапа.

I) При осуществлении визуального обследования устанавливается физическое состояние фундамента, выявляются дефекты,

проводятся измерения, характеризующие параметры, используемые в дальнейшем для разработки документации на усиление (зарисовка трещин, измерение ширины статического раскрытия трещин и т.п.).

При проведении визуальных обследований следует использовать методические указания, изложенные в тех. литературе.

Визуальное обследование рекомендуется сопровождать дополнительными работами:

- вскрытие трещин для определения целостности арматуры;
- установка маяков (измеряющих статическое раскрытие трещин при наличии динамического раскрытия - см. рис. I8);
- устройство шурфов (бурение скважин);
- наблюдение за осадками фундамента и строительных конструкций здания.

2) Обследование машины установленной на фундаменте.

К разрушению фундаментов приводят не только строительные дефекты и неучет надлежащим образом нагрузок, но и разбалансировка и другие дефекты машин, установленных на этих фундаментах. Поэтому ремонт фундаментов нельзя начинать без освидетельствования состояния машин. Производится визуальное их обследование, изучения паспортов машин, анализ актов аварийных остановок, ТУ заводов-изготовителей, дополнительные стандарты и методы контроля на монтаж и балансировку.
Особое внимание следует обращать на состояние фундаментных болтов, шпилек картера, вибрации подшипников и трубопроводов, опирание цилиндров на качающиеся опоры (сухари), местные вибрации, а при возможности - инструментальное обследование основных вибрирующих узлов машины.

3) Инструментальное обследование является основным и наиболее достоверным источником получения в полном объеме данных, необходимых для разработки усиления.

При инструментальном обследовании устанавливается:

- определяется максимальная величина амплитуды колебаний (для сравнения её с допускаемой);
- производятся измерения амплитуд, частот и фаз колебаний по всем частям фундамента;
- замеряется динамическое раскрытие трещин;
- при значительной передачи колебаний через конструкции и грунт;
- взаимное влияние вибраций фундаментов друг на друга;
- определяется сдвиг рам машины и подливок рам ;
- производятся контрольные измерения вибраций подшипников машины, как источника повышенных вибраций (источника разрушения фундамента).

Результаты инструментального обследования оформляются в виде подлинников осциллограмм, таблиц, графиков.

4) По результатам визуального и инструментального обследований должен быть составлен отчет, включающий:

- характеристику фундамента и строительных конструкций здания;
- сведения о машине (нагрузки статические и динамические, частоты движущихся частей и т.п.);
- данные инженерно-геологических изысканий;
- результаты визуального обследования (в т.ч. зарисовка трещин, дефектов, измерения ширины раскрытия трещин, все дополнительные измерения по п.2);

- результаты инструментального обследования машины;
- заключение , в котором делается вывод о состоянии фундамента, возможности или невозможности его временной эксплуатации до проведения усиления, возможности проведения усиления или необходимости замены его на новый.

5) В техническом решении рассматриваются варианты усиления, схемы осуществления вариантов, выбирается окончательный вариант, предназначаемый для разработки рабочей документации.

6) Разработка рабочей документации, включая расчеты усиления, графический материал, расчет потребности материалов.

Необходимо кроме этого составить ППР, иначе может оказаться, что предложенный вариант усиления неосуществим в данных производственных условиях.

Проекты должны быть согласованы с администрацией, эксплуатирующей машину.

7) Проведение работ по усилению требует постоянного авторского надзора как со стороны проектной организации, так и эксплуатационных служб предприятия.

Только при полном соответствии проекту усиляемой конструкции и соблюдении всех требований ППР можно получить необходимый результат от усиления.

8) Контрольное обследование (в полной мере выявить состояние может только инструментальное обследование) следует проводить через 2-3 месяца постоянной эксплуатации машины после ремонта фундамента.

Проведение контрольного обследования после осуществления усиления, устанавливается также "Руководством по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных

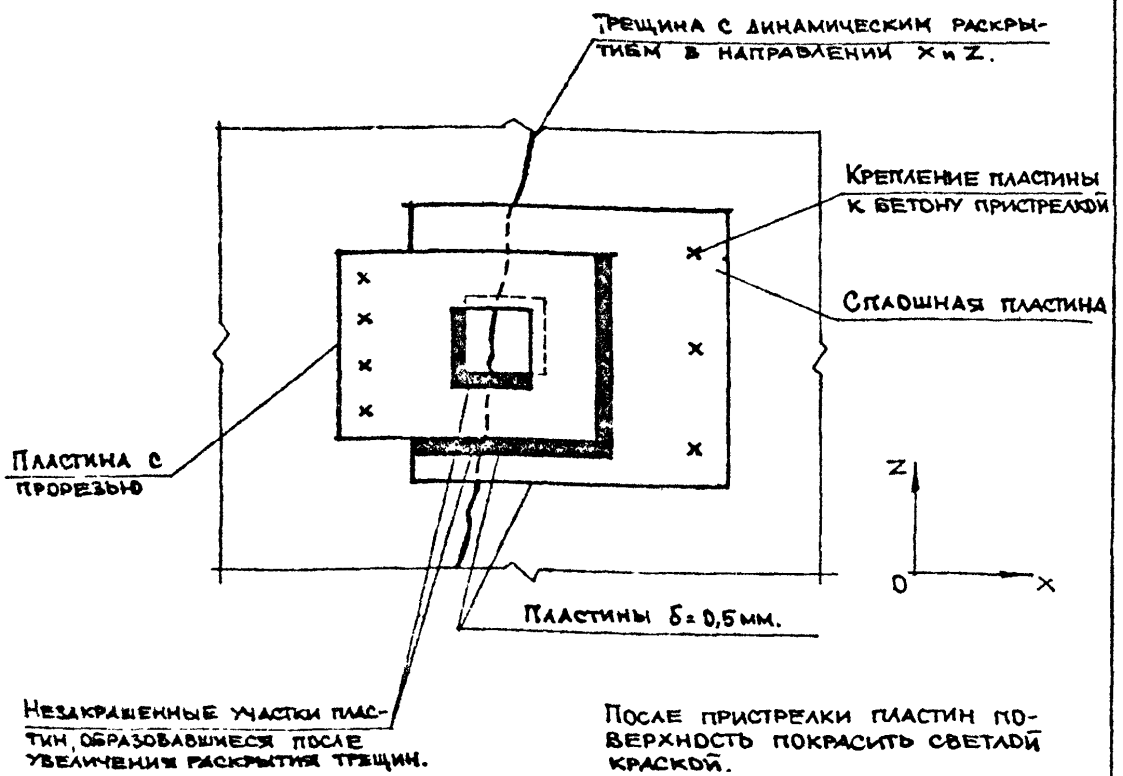


Рис. 13 Маяк, установленный на трещинах при наличии динамического раскрытия

предприятий".

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ УСИЛЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ.

При разработке реконструкций по усилению в каждом конкретном случае производился сравнительный анализ работ и определялся экономический эффект, полученный в результате возможности эксплуатировать фундамент без его разборки.

Для полной замены фундамента требуется не только разобрать в действующем цехе непригодный фундамент и возвести новый, но и провести сначала демонтаж машины и вспомогательного оборудования, а затем, после восстановления фундамента, его монтаж и наладку. По опыту подобных работ эти операции занимают 6-12 месяцев. Поэтому экономические потери предприятие несёт, в основном, не за счёт стоимости строительно-монтажных работ, а вследствие потери объема выпускаемой продукции. Экономический эффект, полученный в результате возможности эксплуатации фундаментов, имеющих трещины, после проведения мероприятий по их усилению, показан на конкретных примерах, приведенных в Приложении 4.

РАЗДЕЛ II
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАДЕЛКЕ ТРЕЩИН ФУНДАМЕНТОВ МАШИН ЭПОКСИДНЫМИ КЛЕЕВЫМИ СОСТАВАМИ.

I. Дефекты фундаментов, для которых рекомендуется склеивание.

Склеивание трещин железобетонных фундаментов с динамическими нагрузками полимерными клеями является основным способом обеспечения их дальнейшей безаварийной эксплуатации. Оно позволяет восстановить целостность конструкций фундаментов, восстановить их первоначальные (расчётные) динамические характеристики, проводить работы практически без остановки оборудования в любое время года.

Как показали инструментальные обследования, проведенные после склеивания трещин, фундаменты оказывались монолитными конструкциями, их амплитуды колебаний уменьшались до первоначальных (бывших до образования трещин), монолитность конструкций может сохраняться в течение длительного времени.

Склеивание может применяться в двух основных вариантах:

а) склеивание (заделка) трещин как мероприятие, входящее в первый этап усиления, осуществляемого посредством устройства железобетонной обоймы, металлического усиления или другого вида реконструкции.

б) Склеивание (заделка) трещины, являющееся самостоятельным способом ремонта дефектного фундамента.

Общий вид фундамента горизонтального компрессора с расположение штуцеров, через которые производилось нагнетание клея в трещины, приведено на рис.I.

В ряде случаев заделка трещин, например, перед устройством ненапряженной железобетонной обоймы, является основным фактором положительного эффекта ремонтных работ.

Так на химкомбинате в г.Рустави стенчатый фундамент двух-

рядного горизонтального компрессора 2ШИК-1420 (горизонтальная сила около 80 т давление нагнетания - 320 атм) имел многочисленные, в основном,вертикальные трещины, которые рассекали первоначальный массив более чем на 10 частей. Местной проектной организацией был разработан проект железобетонной обоймы, состоящей из двух стен-внешней и внутренней, соединенных между собою стяжками, проходящими в просверленные отверстия. Обследование вибраций через 8 месяцев его эксплуатации показало, что сама обойма представляет собою монолитную конструкцию,амплитуды колебаний которой относительно не велики (менее допускаемой). Однако сам фундамент, расположенный внутри нее, продолжал разрушаться и его части, на которые опирается компрессор, по-прежнему перемещались с различными фазами и амплитудами, значительно превосходящими нормативные допускаемые. Через некоторое время фундамент был разобран.

Ремонт дефектных фундаментов посредством склеивания трещин рекомендуется проводить при трещинах, имеющих статическое раскрытие более 0.1 мм, при значительном динамическом раскрытии более 0.3 мм и представляющих опасность для установленного на них оборудования.

Заделка трещин эпоксидными клеями гарантирует от повторного ее образования по самой заделанной трещине. Однако инъектирование не может предотвратить образования в слабом бетоне или при значительных растягивающих напряжениях рядом с заделанной трещиной новой трещины, которая имеет в таких случаях аналогичное распространение.

С наибольшей вероятностью получения положительного результата может быть достигнуто ремонтом посредством одного только инъектирования трещин (без применения других способов усиления)

образование которых вызвано следующими причинами:

а) трещины, образовавшиеся по швам бетонирования;

б) трещины, развившиеся из усадочных трещин бетона;

в) трещины, образовавшиеся в процессе строительства - от неправильной распалубки, сопровождающейся ударами и в случае, когда бетон не достиг необходимой прочности (например, по колодцам анкерных болтов и приямков);

г) трещины, вызванные случайными статическими (при монтаже оборудования) или случайными динамическими нагрузками фундамента в процессе его эксплуатации (взрыв газов, поломка штока, сдвиг статора при заклинивании ротора электродвигателя);

д) трещины от воздействия непредусмотренных проектом статических или динамических нагрузок при транспортировке и монтаже элементов рамных сборно-монолитных фундаментов;

е) трещины образовавшиеся от случайных воздействий (при пожаре здания);

ж) неравномерными осадками основания фундамента в том случае, если осадки полностью завершились.

На рис.I приведен пример трещин в фундаменте, аналогичных описанным выше (г.Ионава). В результате обводнения грунта изменились параметры основания.

Под воздействием вращательных колебаний стали происходить (большее под краями фундамента) неравномерное уплотнение грунта.

Сочетание неуравновешенных сил компрессора и инерционных сил массы бетонного массива фундамента вызвано образование вертикальных трещин в средней части стен. Склеивание проводилось три раза, так как рядом с заделанной трещиной и возникали

новые, однако после того, как только произошла стабилизация осадок, развитие трещин прекратилось.

2. Свойства и компоненты клеевых составов.

2.I. Физико-механические свойства клеев.[x)]

I) Прочностные характеристики самого клея характеризуются когезионной прочностью. Когезионность клея определяется, в основном, его наполнителем.

На рис.I4,I5,I6 приведены графики, характеризующие основные свойства клея.

Как видно из графика при соотношении массы песка к массе полимера от I:5 до I:I0 происходит резкое падение прочности (практически до нулевой), что вызвано уменьшением площади соприкосновения между собою частиц, покрытых пленкою клея.

Введение в состав клея песка с большей крупностью зерен (0,I4 мм, затем 0,32 мм и 0,64 мм) приводит к увеличению до 30% прочности сжатия, но в то же время уменьшает его прочность при изгибе, срезе и растяжении (на I0-I5%).

2) Важной характеристикой, определяющей свойства клеев и их возможности применения в строительстве, является ангезия - сцепление между клеем и склеиваемой поверхностью - к бетону и металлу. На основании проведенных экспериментов установлено, что прочность клеев с увеличением количества мономера в них уменьшается. С увеличением количества наполнителя ангезия клеевого соединения падает. Так увеличение наполнителя в клее со I50 до 400 весовых частей приводит к уменьшению прочности кле-

---

x) Количественное соотношение компонентов клеевого состава принято учитывать в весовых частях (масс-частях), при этом количество эпоксида принимается за I00 мас.ч.

евого соединения до трех раз. Указанное в п.I увеличение размера зерен песка приводит к уменьшению ангезии почти вдвое.

3) При использовании эпоксидных клеев необходимо знать продолжительность процесса полимеризации.

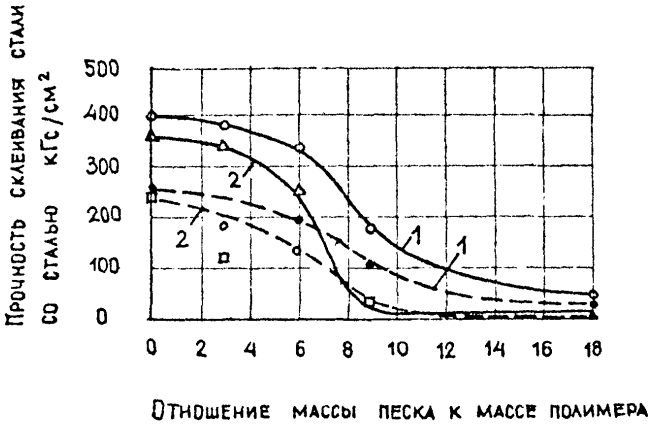
При комнатной температуре 80% полимеризация смолы ЭД-6 (пластификатор-дибутилфталат) происходит при отвердителях: (полиэтиленполиамене-через 40-60 часов, триэтаноле- через 250-280 часов, пиридане - через I80-200 часов. Для заделки трещин фундаментов рекомендуются быстротвердеющие составы. Остальную прочность клей выбирает в последующие 30 суток.

При большом количестве наполнителя продолжительность процесса увеличивается. Сильно удлиняется процесс - до 70-I00 суток, при температурах,близких к нулевой. На графике рис.I4 видно, что кратковременное прогревание паром ($I00^{o}$) конструкции в течение 4 часов обеспечивает значительно большую прочность,чем естественно с твердением за 2,5 суток при комнатной температуре.

4) При производстве работ нужно учитывать жизнеспособность клея - т.е. время, в течение которого можно использовать состав.

Зависимость процесса полимеризации клея от температуры окружающей среды и состава клея приводится на графике рис.3.

Жизнеспособность клея характеризуется его предельным возрастом, при котором возможно нанесение клея и обеспечение требуемой прочности склеивания (рис.I6). Наиболее благоприятны для строительных условий эпоксидные клеи холодного твердения. Однако они имеют ограниченную жизнеспособность (2-4 часа при температуре 20-30°C) и теряют склеивающую способность при отрицательной температуре. При температуре 20-30°C жизнеспособность обычных клеев с отвердителями полиэтилен полиамин или тексаметилен диамин составляет 2-4 часа с парадином и триэтано-



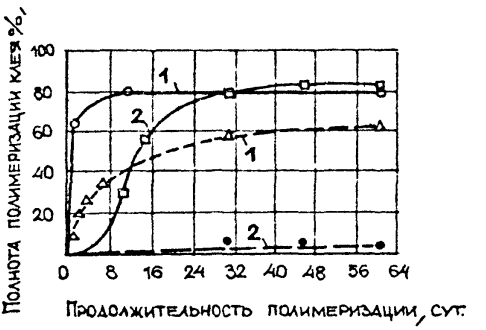
1 — при 100°С в течение 4 часов.

2 — при 20°С в течение 60часов.

——— прочность при изгибе.

– – – прочность при разрыве.

Рис.14 Влияние количества наполнителя /песка/ и режима отверждения на адгезионные свойства клея



1 — с полиэтиленполиамидом.
2 — с триэтаноламином.
——— при 20°С.
– – – – при минус 15°С.

№	Состав клея	Весовых частей
1/2	Полиэпоксид	100
1	Полиэтиленполиамин	10
2	Триэтиноламин	10
1/2	Дибутилфталат	20
1/2	Песок	500

Рис.15 Зависимость процесса полимеризации клея от полноты полимеризации и температуры окружающей среды.

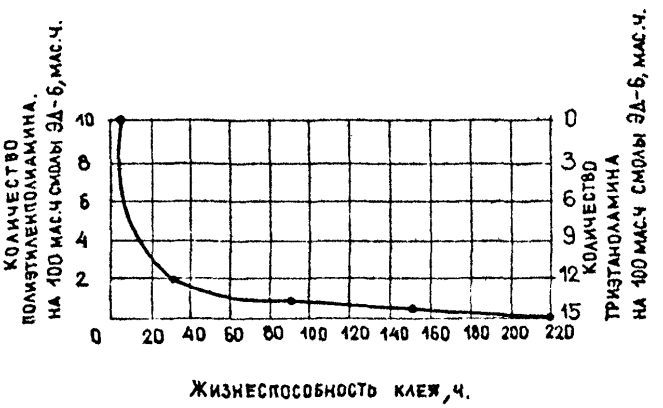


Рис. 16 Жизнеспособность эпоксидного клея с комбинированным отвердителем при 20-30° С.

ламином - 4-8 суток.

Жизнеспособность эпоксидных клеев холодного отвердения можно несколько увеличить, понижая температуру их хранения. В зарубежной практике поставка эпоксидных клеев холодного отвердения на место их применения производится в замороженном состоянии.

Клеевая жизнеспособность эпоксидного клея при температуре 20-30°С приведена на графике рис. I6.

Экспериментами установлено, что даже большинство клеев горячего отвердения при 20-30°С имеют ограниченный срок хранения и только применение в качестве отвердителя дициандиамида позволяет получить клей с жизнеспособностью до нескольких лет.

2.2. Компоненты клеевых составов.

Клеевой состав может включать в себя до пяти компонентов: эпоксиды, отвердители, пластификаторы, наполнители и модифицирующие добавки.

I) Наиболее распространенным эпоксидом являются эпоксидные смолы ЭД-5,ЭД-6 другие смолы, допускаемые при склеивании имеют марки: подобные ЭД-6 по свойствам ЭД-37 и ЭД-40, ЭД-II, вязкие и ЭД-I3, ЭД-I5, ЭД-Л - твердые, ЭД-4I и ЭД-44 - полимеры средней молекулярной массы.

2) Основным отвердителем клея является полиэтиленполиамин, а также гексаметилендиамин, метафенилендиамин, пиридин,пиперидин. Все эти компоненты относятся к отвердителям холодного процесса полимеризации. Отвердитель АФ-2 (выпускаемый Охтенским комбинатом в г.С.-Петербурге) позволяет склеивать влажные поверхности и вести отвердение при отрицательных температурах.

К отвердителям горячего процесса полимеризации относятся малеиновый, фтилевый и янтарный ангидриды, диациндиамид, мочевиноформальдегидные, фенольноформальдегидные, полиамидные полимеры. Наиболее широко применяют аминные отвердители, допускающие холодное и горячее твердение.

3) С целью увеличения пластичности клея (особенно при заделке тонких трещин) для улучшения качества клея - уменьшения его хрупкости, коэффициента линейного расширения, в состав вводятся пластификаторы (растворители). Наиболее распространенными пластификаторами являются дибутилфталат, трикрезилфосфат, жидкие тиокольт, различные полиэфиры (например, МГФ-9).

Собственно растворителями являются ацетон, ксилол, бензол, которые рекомендуется использовать для промывки оборудования от затвердевшего клея. В качестве пластификаторов этих веществ не должно быть более 25% от массы смолы.

Рекомендуется использовать окситерпеновый растворитель, являющийся активным растворителем, химически взаимодействующим с компонентами клея, являющийся одновременно модификатором смолы. Он может составлять до 50% от массы смолы. Этот растворитель увеличивает жизнеспособность клея.

Подбор компонентов в ряде случаев позволяет получать клеи с конкретно направленными свойствами. Так введение в состав в качестве пластификатора фурилового спирта и ускорителя реакции полимеризации солянокислого амина и хлористого железа, которые служат отвердителями фурилового спирта, позволяют осуществить склеивание трещин в железобетонных фундаментах при температуре минус 25°С.

4) Для изменения концентрации клея, например, для получения мастик, при использовании клея как вяжущего в эпоксидо-

бетоне, в него вводятся наполнители. Вид и количество наполнителя устанавливают исходя из технических, технологических и экономических требований: прочности, усадки, коэффициента линейного расширения, термостойкости, вязкости, стоимости композиции.

В качестве наполнителя эпоксидов применяют порошкообразные: портландцемент, маршалит, кварцевый песок, тальк, металлические порошки (двуокись титана, алюминиевая пудра, литейный кокс - крупностью менее 0.7 мм), а для определенных целей - волокнистые вещества (стекловолокно, асбестовое волокно). Крупность наполнителя должна быть в 2-3 раза меньше ширины статического раскрытия трещин.

Варьируя количество наполнителя можно в широких пределах изменить антезионные свойства эпоксидного клея. Влияние неполнителя (песка) и режима твердения на антезионные свойства клея приведены на графике рис. I4.

Оптимальное количество наполнителя при значительных объемах работ можно установить посредством пробного подбора состава, обеспечивающего конкретные технические требования. Например, при необходимости обеспечения прочности клея на растяжение не менее 50 кгс/см2 и на сжатие не менее 250 кгс/см2 количество наполнителя из москворецкого песка (крупность до 0.8 мм) должно составлять не более 900 мас.ч. на I00 мас.ч. смолы ЭД-6.

5) В некоторых случаях для удешевления эпоксидных клеев, а также для придания им необходимых технических и технологических свойств, в их состав вводят различные модифицирующие добавки.

Такими добавками могут являться битум, этиноловый лак,

каменоугольный деготь и др.

Из экспериментальных данных следует, что введение указанных добавок в клей изменяет его адгезидные свойства. Например, хотя совмещение битумов (марки БН-Ш, БН-IУ) или каменноугольной смолы со смолами ЭД-5, ЭД-6, ЭД-40 приводит к некоторому снижению прочности, однако такие составы экономичны, характеризуются низким водопоглощением и позволяют обеспечить надежное соединение бетона.

2.3. Рекомендуемые клеевые составы.

Свойства клеевых составов зависят не только от применяемых компонентов и соотношении между ними, но и от качества применяемых материалов.

Основной материал для клеевых составов, приведенных ниже, - эпоксидная смола ЭД-5. Все компоненты должны иметь паспорта, подтверждающие соответствие их ГОСТам или техническими условиями и указывающими время их изготовления.

Качество компонентов эпоксидного клея следует проверять в лаборатории на месте строительства. Контроль осуществляется на пробных замесах образцов клея, составляющие которого взяты из каждой емкости (партии).

О пригодности компонентов судят по отвердению состава при температуре I8-20^{0}С в течение 2-8 часов с момента введения отвердителя.

При истечении срока хранения компонентов, указанных в ГОСТе или технических условиях, не допускается применять их без дополнительной проверки по всем показателям.

Учитывая наличие различных компонентов клея с одинаковыми или близкими качествами (например, смола ЭД-6 и ЭД-40, иден-

тичная по свойствам, ЭД-5), в таблице приводятся наиболее простые варианты состава экспозиции.

Состав клея принято определять весовым соотношением компонентов. За основу принимается 100 весовых частей эпоксида, все остальные компоненты вычисляются соотношением к нему.

Варианты основных клеевых композиций
(в весовых частях)

	Компоненты клея	№ состава										
		I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
Эпоксиды	ЭД-5, ЭД-6	I00	-	-	I00	I00	I00	-	I00	I00	I00	I00
	ЭД-40	-	I00	I00	-	-	-	I00	-	-	-	-
Отвердители	Полиэтиленполиамин	I0	I0	I0	-	-	-	I0	I0	I0	I0	I0
	Гексометилендиамин	-	-	-	I0	8	8	I0	-	-	-	-
	Дибутилфталат	-	-	20	-	20	-	-	20	-	-	-
Пластификаторы	Трикрезилфосфат	20	20	-	20	-	I0	20	-	-	-	20
	Полиэфир МГФ-9	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тиокол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	65
	Этинол	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-

Из этих составов клеевые композиции на основе ЭД-6 наиболее устойчивы к атмосферным воздействиям (составы 5,6, особенно состав 5). Составы 5 и 8 на основе ЭД-6 после прогрева до I00°С почти полностью отвердевают.

Для инъектирования трещин рекомендуется состав (вес.част.):

эпоксидная смола	I00
отвердитель	I0-20
пластификатор	20-30
наполнитель при трещинах 0.I-5.0мм	I-I00

Для закрепления штуцеров нагнетания состава (вес.част.):

Эпоксидная смола	I00
отвердитель	I0-20
наполнитель	I00

Для гермет-изации трещин с поверхности (шпатлевки) и приклеивания стеклоткани (вес.част.):

эпоксидная смола	I00
отвердитель	I0-20
пластификатор	5-I0
наполнитель	30-5

Приводим составы с конкретными составляющими (вес.част.)

Для инъектирования трещин:

эпоксидная смола ЭД-5	I00
окситер пеновый растворитель	40
полиэтиленполиамин при температуре I0-I5°	I5
более I5°	I0

Для крепления штуцеров -

эпоксидная смола ЭД-5	I00
полиэтиленполиамин при температуре I0-20°	I5
2I-30°	I2
цемент	200-300

Для приклеивания стеклоткани:

эпоксидная смола ЭД-5	I00

окситерпековый растворитель	10
полиэтиленполиамин при температуре 10-20°	15
более	12-10
цемент	50-250

В этих составах не указаны пластификаторы, которые рекомендуется использовать при заделке тонких трещин, а также модифицирующие добавки и добавки, используемые для придания клеевым составам дополнительных свойств (быстротвердеющие составы, при пониженных температурах).

3. Подготовительные работы.

3.1. Обработка поверхности вдоль трещин

Для предотвращения вытекания клея из трещины (герметизация трещины) при нагнетании, поверхность фундамента около трещины: обклеивается изоляционным материалом. Обклеиваемая поверхность нуждается в специальной обработке. Обработка может быть механическая и химическая.

Различают следующие виды - состояния поверхности бетона вдоль трещины

а) Бетонная поверхность прочная, но она покрыта слоем грязи, пыли, поверхностными потеками масла. В этом случае наиболее простым и эффективным является пескоструйная обработка поверхности.

б) Поверхность бетона оштукатурена и можно предположить, что при нагнетании раствор проникнет между бетоном и штукатуркой и, вследствие этого произойдет ее отрыв от бетона. Следовательно, штукатурка в местах наклейки должна быть удалена.

в) Вокруг трещины бетон промаслен на значительную глубину или расположен слабый, разрушенный бетон, наклейка на который листового материала затруднена.

Пескоструйная обработка поверхности производится обычным способом и не нуждается в описании.

В случаях "а" и "б" вдоль трещины необходимо удалить штукатурку и промасленный, слабый потрескавшийся бетон на расстоянии 150-200 мм в каждую сторону от трещины. От узкой части трещины подготовка проводится на 0.3-0.5 м далее заметного невооруженным глазом её окончания. С противоположного конца от начала трещина выходит либо на грань фундамента, либо на внутренний угол проема, переходит на другую и последующую плоскость фундамента.

Для обнажения трещины вдоль нее по обеим сторонам проводят условные линии на удалении 150-200 мм и производят снятие штукатурки и слабого бетона. Скалывание проводится в направлении от условных линий к трещине. При скалывании в обратном направлении происходит засорение трещины осколками сбиваемого материала и можно потерять ее под слоем пыли и грязи. Работы рекомендуется вести не отбойным молотком, а вручную плоским скальпелем и кувалдой.

При инъектировании трещин не следует преднамеренно снимать бетон самого фундамента, так как подготовительная поверхность должна быть относительно ровной, - она предназначается для наклейки на нее рулонного материала, препятствующего вытеканию клея из трещины при инъектировании. Неровная, с выбоинами подготовленная поверхность требует дополнительных работ - шпатлёвки ее перед наклейкой изоляции.

Химическая обработка рекомендуется при плотной, прочной по-

верхности бетона, сильно загрязненной машинным маслом (случай "а").

Сначала удаляют масло и другие жирные вещества, препятствующие склеиванию. Они хорошо удаляются 10%-ным раствором каустической соды - 1.5 л раствора на 1 м^2 поверхности, раствором кремнекислого натрия с добавкой канифольного мыла, или такими растворителями, как метасиликат или трифосфат натрия.

Растворитель разливают по поверхности или затирают поролоновым тампоном, обвернутым прочным материалом, протирают жесткой щеткой. Затем поверхность промывают нейтральным или слегка щелочным составом.

После этого приступают к обработке поверхности 20-25% -ным раствором соляной кислоты. Расход такого раствора составляет 1.1 л на 1 м2 площади. Реакция между кислотой и известью, содержащейся в бетоне, протекает в течение 3-5 минут. Далее поверхность промывают водяной струей высокого давления и обрабатывают щетками для удаления образовавшихся солей и слабых частей бетона. Степень промывки проверяется лакмусовой бумажкой.

Перед склеиванием поверхности бетона должна быть полностью просушена (сжатым воздухом, горячим воздухом, инфракрасными лампами и др.).

3.2. Восстановление поврежденной арматуры.

Выявление наличия разорванной арматуры определяется на первом этапе - во время обследования фундамента.

Обнажение арматуры должно производиться на длине, обусловленной соответствующими нормами на сварку стержневой арматуры. Рекомендуемые способы сварки приведены на рис.17. Срубку бетона необходимо проводить как и при очистке поверхности от

периферии по направлению к месту разрыва арматуры. Вскрытие трещин по длине трещины начинается от наиболее широкого ее конца, расположенного по внешней грани или проему - до второго неповрежденного стержня арматуры. Это же правило сохраняется и при вскрытии горизонтальных трещин бетонирования ("два целых стержня").

Поврежденными считаются не только разорванные (лопнувшие) стержни, но и вытянутые, то есть на которых произошло отслоение бетона. Факт отслоения бетона от арматуры свидетельствует о наличии остаточных деформаций в арматуре, что не допускается строительными нормами, следовательно, является дефектом, требующим усиления арматуры. Обнажение арматуры должно быть проведено на длину 100-150 мм за зону отслоения бетона. При этом надо отметить конец отслоения. Накладка из арматуры приваривается на длине равной протяженности отслоения бетона.

3.3. Высверливание отверстий под штуцеры.

Штуцера, через которые проводится нагнетание клея в трещины, устанавливаются в шпурах на эпоксидной мастике.

Диаметр, глубина заделки и шаг отверстий под штуцера для нагнетания клеевого состава, устанавливаются проектом. При отсутствии проекта рекомендуется руководствоваться следующими положениями.

а) Минимальный шаг штуцеров - 100 мм.

При статической ширине раскрытия трещин 0.1 мм.

При увеличении ширины трещины до 0.3 мм и 0.5 мм и более шаг штуцеров увеличивается до 200 и 300 мм и далее остается постоянным независимо от ширины раскрытия трещин.

Шпуры под штуцера начинают высверливать от широкого конца

трещины в расстоянии 100 м от грани фундамента, в сторону ее сужения, последний штуцер - у места предполагаемого начала трещины.

б) Диаметр штуцера в значительной степени зависит от наличия сверлильного оборудования. Имеется большой набор серийно выпускаемых перфораторов, работающих на давлении 5 атм., диаметр образуемых отверстий до 30 мм, например, ПР-18ЛУ, ПР-20, ПР-24 ЛУБ, ПР-25, ПР-30. Сверлильные машины выпускаются либо пневматические, либо электрические.
К первым относятся ИП-1023, ИП-1016А, ИП-1103А, ко вторым - И3.

Рекомендуемый диаметр отверстий - 16-25 мм.

Диаметр высверливаемых отверстий должен отличаться в большую сторону от внешнего диаметра штуцера не менее чем на 6мм. Исходя из этого наружный диаметр штуцера принимается 10-16 мм.

в) Глубина заделки штуцера зависит от давления нагнетаемого клея и диаметра штуцера. При рекомендованном среднем диаметре штуцера 12 мм и давлении 5-6 атм, глубина заделки должна быть не менее 60 мм, при 7-8 атм - не менее 80 мм. При нагнетании раствора под высоким давлением - большим указанных (например 24-48 атм) глубина заделки определяется расчётом на вынос конуса бетона вокруг штуцера (как анкерный болт).

Глубина шпура должна быть на 30-50 мм больше глубины заделки штуцеров.

При образовании отверстий возможна встреча рабочего элемента пробойника с арматурой. В этом случае следует немедленно прекратить работы, так как удары перфоратора могут вызвать местное разрушение бетона вокруг стержня арматуры, а при работе сверлом его поломку. Следует сместить шпур на величину

равную 2-3 диаметрам рабочей арматуры фундамента.

3.4. Штуцеры и их заделка в шпурах.

Ангезионные свойства эпоксидных клеев обычно обеспечивают прочность заделки штуцеров в шпурах при указанных выше длинах заделки. Состав пасты для заделки приводится далее.

Поскольку на внешнем конце штуцера при склеивании навинчивается колпачок, то нарезку обычно проводят по всей или почти по всей длине штуцера. Имеются варианты штуцеров с проточками и т.д.

Длина штуцера определяется как сумма длин заделки и внешнего выступления, которое составляет до трех его диаметров. Одновременно со штуцерами изготавливаются заглушки (колпачки).

При установке штуцера необходимо, чтобы конец штуцера не доходил до конца шпура не менее, чем на 30 мм. Для этого непосредственно перед установкой штуцера прутом измеряется фактическая глубина шпура и на штуцере наносится напильником риска.

Порядок установки штуцеров:

- очистка штуцеров от масла и грязи бензином или ацетоном;
- обмазка штуцеров на длине заделываемой части клеем;
- сначала клей втирают в резьбу, а затем наносят слоем 3-4 мм;
- нанесение клея на внутреннюю поверхность шпура цилиндрической щеткой (типа используемых для мытья бутылок) или тампоном.

Необходимо следить, чтобы клей не попал в свободную от штуцера, часть шпура:

- введение штуцеров в отверстие с легким проворачиванием таким образом, чтоы он погрузился в отверстие до риски;

- подмазка воронки вокруг штуцера, образовавшейся при сверлении отверстия;
- при установке штуцеров на горизонтальных и наклонных поверхностях необходимо принять меры, исключающие смещение штуцеров внутрь шпура до схватывания клея.

3.5. Контроль установленных штуцеров.

После установки штуцеров необходимо произвести проверку их сообщаемости с трещиной. Эта операция совмещается с другой не менее важной: очистки трещины от пыли, как образовавшейся при сверлении отверстий, так и проникшей в нее ранее.

Проверку производят после отвердения клея (обычно через сутки после установки штуцеров). Для трещины раскрытием 0.4-0.5 мм и более применяется сжатый воздух, при меньшем раскрытии - вода.

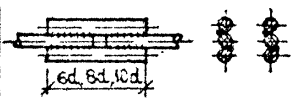
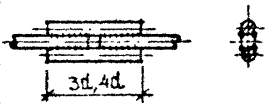
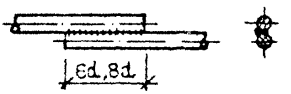
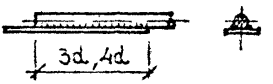
Давление нагнетания воды должно соответствовать предусмотренному давлению нагнетания раствора в трещины при их склеивании.

Нагнетание воды в каждый штуцер прекращают при появлении вытекания из трещины рядом со штуцером или при достижении давления на I атм.больше установленного для инъектирования. Когда имеются признаки коррозии бетона или арматуры, вместо воды применяют окситерменовый растворитель или фуриловый спирт.

Вода при нагнетании не появляется снаружи в 2-х случаях: при перекрытии отверстия штуцера клеями при отсутствии сообщаемости отверстия с трещиной.

В первом случае отверстие прочищают ручной дрелью со сверлом на I-2 мм меньшим внутреннего отверстия штуцера. Во втором - рядом устанавливают дополнительный штуцер.

При относительно тонких стенах до 0.5 м при нагнетании вода

Тип соединения	Схема конструкции соединений	Способ сварки	Класс арматуры	Диаметр стержней мм
Стыковое		Дуговая фланговыми швами	AI AII AIII AIV AV	10-40 10-80 10-40 10-22 10-22
Стыковое		Дуговая фланговыми швами	AI AII AIII	10-40 10-80 10-40
Нахлесточное		Дуговая фланговыми швами	AI AII AIII	10-40 10-25 10-25
Нахлесточное		Дуговая фланговыми швами	AI AII AIII AIV AV	10-40 10-40 10-40 10-22 10-22

Арматура по ГОСТ 5781-82

Рис 17. Рекомендуемые типы сварных соединений стержневой арматуры.

должна появляться также и с противоположной стороны стены.

Промывка трещин не только является подготовительным для последующего этапа, но она способствует процессу проникания клеевого состава при последующем склеивании.

Наиболее эффективен процесс промывки трещин при работающем оборудовании. Трещины фундаментов машин всегда имеют динамическое раскрытие. При статическом положении частички мусора (пыли) либо заклинены между краями трещины, либо удерживаются от выноса водой микровыступами на стенах трещин. При воздействии вибраций в момент максимального раскрытия трещины эти связи ослабляются, происходит взвешивание частиц в воде, поэтому процесс очищения трещины происходит интенсивнее.

После промывки необходимо продуть трещины через несколько штуцеров для удаления скопившейся в ней воды.

3.6. Поверхностная герметизация трещин.

Рекомендуется два способа заделки трещин (герметизации трещины) с поверхности: эпоксидной шпатлевкой и оклеиванием тканными материалами.

Первый способ применяют при воронкообразной поверхности трещины. Это бывает при трещинах по швам бетонирования, когда в них попадают щепки опалубки, строительный мусор, удаляемый при первоначальной очистке бетона.

Шпатлевочный состав наносят шпателем или жесткими волосяными кистями. Клей наносят по трещинам и вокруг штуцеров.

Состав для шпатлевки должен учитывать температуру окружающей среды при отличии ее от 15-20°С при меньших температурах отвердителя употребляется на 2-3 весовых частей больше указанного, при повышенных - соответственно меньше.

При правильном подборе клея состав при первом нанесении втягивается в трещины, а после второго на месте трещины должна образоваться сплошная ровная пленка.

Оклеивание поверхности тканевыми материалами целесообразно при трещинах с неразрушенными, острыми краями, при наличии серии трещины, конфигурация которых повторяет основную - заделываемую, а также,если есть основания предполагать необходимость повторной заделки трещины.

Оклеиваемая поверхность дважды тщательно промазывается эпоксидным клеем, без преднамеренного перерыва (т.е. с интервалом 5-10 мин.), при этом первый слой должен частично впитаться, после же нанесения второго слоя поверхность должна быть равномерно покрытой, без белесых пятен.

Для обклеивания используется любая стеклоткань, используемая для теплоизоляции трубопроводов. Ткань рвется на ленты (нарезка ткани ножницами не рекомендуется), ширина которых при одиночной трещине около 200 мм. По длине куски ленты должны соответствовать расстоянию между штуцерами.

Гладкие водонепроницаемые ткани требуют небольшого расхода клея, воздухопроницаемые ткани требуют двойной промазки (для равномерного впитывания состава).

Оклейка производится в два слоя.

Первый слой накладывается между штуцерами, с соприкосновением торцов кусков. При втором в средней части ленты острым штырем образуется рваная дыра, которой этот кусок ткани нанизывается на штуцер.

После схватывания клея производится промазывание стеклоткани по всей поверхности.

Достаточной прочности клей достигает при температуре 18-

20^{0} через сутки. Чтобы ускорить твердение клея герметизации, допускается обогрев его горелкой, однако пламя не должно касаться клея.

4. Инъецирование трещин.

4.I. Проведение работ по инъецированию.

Инъецирование трещин является основным и заключительным этапом склеивания трещин. Должно быть приготовлено достаточное количество компонентов клея. Если работы невозможно закончить за время, равное жизнеспособности клея, то надо предусмотреть возможность его отвердения в баках нагнетания и шлангов и приготовить промывочный материал и запасные бочки и шланги. Необходимо также убедиться, что сжатый воздух, создающий давление в бочках, имеет проектное давление.

Состав клея должен быть испытан на величину времени жизнеспособности (до схватывания - желатинизации клея) и отверждения.

Первая фаза характеризуется переходом из жидкого состояния в более вязкую фазу, при которой прекращается способность клея смачивать склеиваемые поверхности. Определяется она погружением в клей стержня - на поверхности образовывается воронка, при вращении стержня состав наматывается на него нитями (пластами).

Вторая фаза - отвердение. При необходимости провести лабораторные испытания (клей должен иметь более 30% окончательной проектной прочности), определяется опробыванием прочности застывшего клея лезвием ножа: потеки клея должны срезаться без хруста, гладкая поверхность - прорезаться острием полностью без образования поперечных трещин. Прочность можно проверять

по сосулькам клея: при натяжении они не должны вытягиваться, а должны оставаться упругими, разрыв не сопровождаться хлопком.

Следует отметить, что вторая описанная фаза характеризует некоторую промежуточную прочность, при которой можно проводить монтажные работы по ремонту или установке машины.

Перед инъецированием очищают от клея выступающую часть резьбы штуцеров, например, с помощью плашек.
Проверяют способ насадки и длину шлангов, идущих от нагнетательного аппарата, до всех штуцеров.

Для инъецирования инъекционная установка посредством гибкого шланга последовательно присоединяется к штуцерам. При горизонтальных трещинах начинать заделку следует с наиболее узкой ее части.
На вертикальных и наклонных поверхностях присоединение к штуцерам производится снизу вверх. Клей нагнетается без резкого повышения давления, чтобы не нарушалась герметизация и крепление штуцеров, давление не должно превышать расчётное.

Клей нагнетается во все установленные штуцера. После появления клея в последующих штуцерах, можно прекратить накачивание, отсоединить шланги и заглушить штуцер. Нагнетание следует производить и в те штуцера, в которых появился клей от нагнетания в предыдущие штуцера.

Все ранее заделанные штуцера должны быть закрыты заглушками, иначе раствор будет вытекать из них.

Нагнетание клея следует прекращать в двух случаях:

- при прорыве герметизации и вытекании клея,

- при достижении давления проектной величины в сочетании с отсутствием поступления клея в трещину.

Заглушки снимают со штуцеров после окончания работ по всей трещине и после загустения раствора, для повторного применения их очищают от клея ацетоном или отжигом.

Клей для герметизации трещин приготовляют следующим образом. Сначала смешивают эпоксидную смолу и растворитель, затем добавляют отвердитель и смесь снова перемешивают. В последнюю очередь вводят наполнитель (цемент).

Посуда для приготовления клея должна иметь форму противня для лучшего отвода тепла. Затем раствор вливают в нагнетательный бачок.

Работы, связанные с применением эпоксидного клея, приведенные в Рекомендациях составов, можно производить при температуре конструкции и воздуха не менее + 10°.

4.2. Ведение технической документации.

В процессе подготовки и проведения инъецирования руководитель работ должен вести журнал, Форма которого рекомендуется ниже.

Штуцеры необходимо пронумеровать непосредственно на поверхности бетона ремонтируемой конструкции.

Для удобства работы и исправления дефектов рекомендуется указывать на поверхности бетона величину конечного давления при нагнетании воды и клея, места прорыва герметизации и т.п.

4.3. Влияние вибраций на процесс отвердения клея.

Особое место в технологии восстановления железобетонных конструкций находит ремонт фундаментов под различное оборудование без остановки его работы.

При этом следует различать два случая: вибрации создаются

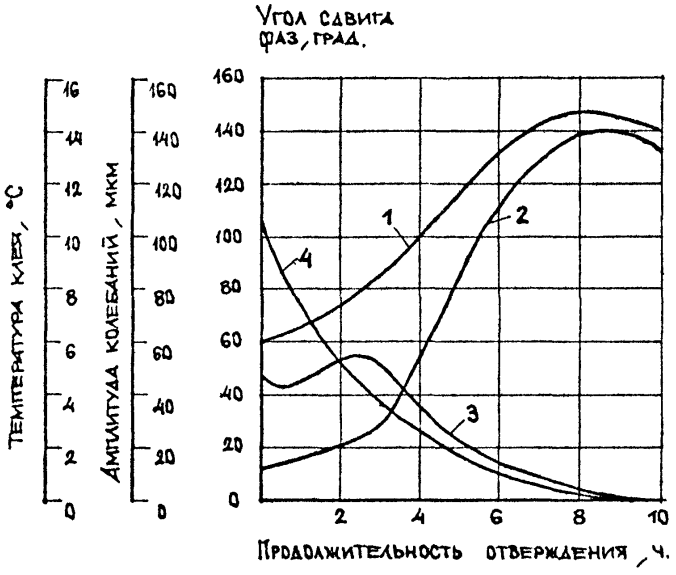
машиной, установленной непосредственно на ремонтируемом фундаменте и создаваемые соседним оборудованием (взаимное влияние). В первом случае заделываемая трещина имеет динамическое раскрытие (т.е.расстояние между ее берегами непостоянно, а изменяется циклически с частотой главного вала машины или какой-либо другой частотой, присущей фундаменту), во-втором, как правило, динаммческое раскрытие трещины отсутствует, весь фундамент в пределах заделываемой трещины перемещается одновременно.

При динамическом раскрытии во-время нахождения клея в жидкой стадии он испытывает непостоянное дополнительное давление - кроме давления нагнетания вызываемое при полуцикле уменьшением расстояния между берегами, когда возникает дополнительное их ожатие. Учитывая, что динамическое раскрытие может быть соизмеримо со статическим, то дополнительное давление может превысить давление нагнетания. С одной стороны - это способствует прониканию раствора в тонкую часть трещины. Однако, это возможно только в том случае, если поверхностная тканевая герметизация остается неповрежденной, т.е. вытекание раствора отсутствует. Тканевая герметизация обычно имеет достаточную прочность на разрыв и крепления к поверхности бетона.

При взаимном влиянии изменения ширины трещин обычно не происходит, поэтому указанный процесс отсутствует.

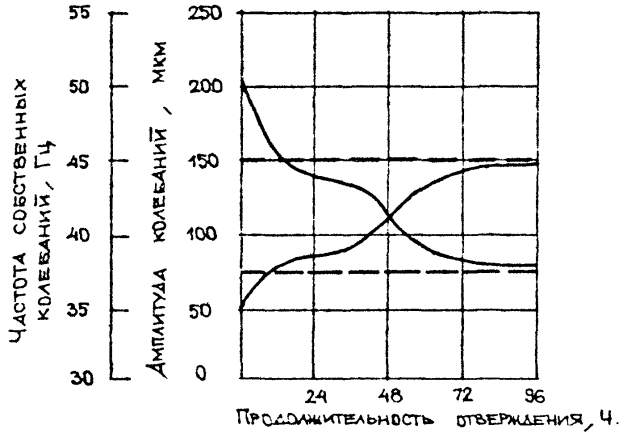
Рассмотрим влияние вибрации на когезионные и адгезионные свойства клея. Опыты показали, что вибрационные нагрузки не влияют на эти свойства отрицательно.

На рис.18 приведены зависимости кинетики отвердения от динамических характеристик конструкций. Амплитуды колебании образцов (кривые 3 и 4) по мере склеивания увеличивались (кривые I и 5), и одновременно разность между ними уменьшалась и после



1, 2 Амплитуды колебаний образцов.
3. Разность колебаний между образцами.
4. Вязкость фаз колебаний между образцами.

Рис.18 Зависимость кинетики отверждения от динамических характеристик конструкций.



1 Изменение амплитуды колебаний
2. Изменение частоты собственных колебаний.
3,4 Вибрационные характеристики целых конструкций.

Рис.19 Зависимость динамических характеристик конструкций от времени отверждения эпоксидного клея.

склеивания становилась равной нулю. Угол сдвига фаз (кривая 2) также уменьшался и по завершению процесса также становились равной нулю.

Процесс отвердения сопровождается повышением температуры состава на 8-10°, что позволяет следить за процессом (кривая 6).

На графике изменения температуры клея во времени имеется максимум, соответствующей некоторой переходной фазе между высокоэластичным и стеклообразным состоянием.

Восстановление динамических характеристик присущих неразрушенной конструкции, приведено на рис.19.

Кривые I и 2 соответственно показывают изменения амплитуды колебаний и частоты собственных колебаний конструкции в процессе восстановления, а прямые 3 и 4 - значения вибрационных характеристик целых конструкций.

Таким образом, вибрация не оказывает отрицательного воздействия на когезионные и адгезионные свойства эпоксидных составов, но способствует ускорению процесса отвердения, а также увеличению прочности в склеиваемых конструкциях.

4.4. Техника безопасности.

Необходимо назначить для проведения всех работ по инъецированию ответственного из инженерно-технического персонала.

К работе с эпоксидными клеями должны допускаться рабочие, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Институтом гигиены труда и проф.заболеваний разработаны "Санитарные правила при работе с эпоксидными смолами", которыми и следует руководствоваться при проведении занятий с эпоксидными составами.

К числу токсичных веществ относится большинство отверждающих агентов. Так, используемые в эпоксидных клеях холодного отверждения отвердители типа гексаметиленамин, полиэтиленполиамин или метафенилендиамин относятся к ядам. Из кислотных отвердителей наибольшей токсичностью обладают малеиновый и фтоловый ангидриды.

Профилактические меры включают устранения по возможности, ручного труда, а также прямого контакта эпоксида с кожей.

Эпоксидную смолу и неотвердевший клей, попавшие на оборудование и инструмент, следует удалять ацетоном или этилцельзольвом, а затем вымыть загрязненные места теплой водой.

Прилипшую к коже эпоксидную смолу или клей следует удалять мягкими бумажными салфетками, ветошью, затем вымыть горячей водой с мылом, осушить и смазать вазелином или тетрациклиновой мазью.

Запрещается снимать с кожи эпоксидные составы ацетоном, так как ацетон способствует распространению их по поверхности кожи и прониканию в поры. Лишь при значительном загрязнении рук эпоксидной смолой разрешается использовать ветошь, увлажненную минимальным количеством ацетона, с последующим мытьем рук горячей водой с мылом.

Не допускается применять при очистке рук бензол, толуол и другие токсичные растворители.

В местах хранения составляющих клея, их приготовления и нанесения запрещается есть, курить и разводить огонь.

При хранении горячих составляющих клея (эпоксидной смолы, окситерпенового растворителя, полиэтиленполиамина) и работе с ними необходимо руководствоваться нормами и правилами пожарной безопасности.

РАЗДЕЛ Ш

Рекомендации по усилению дефектных фундаментов с применением металлоконструкций.

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Усиление дефектных фундаментов с помощью металлоконструкций рекомендуется применять для восстановления работоспособности фундаментных конструкций в тех случаях, когда на ремонт посредством заделки трещин клеевыми составами не дает положительного эффекта или невозможен по другим причинам.

а) Основная задача усиления металлической обоймой состоит в восприятии динамических нагрузок, передаваемых машиной на фундамент.

Для передачи нагрузок на металлическую обойму необходимо создать в её элементах - тросах или металлических тягах-первоначальное натяжение, создающее усилия, превышающие те, которые вызывают раскрытие трещин.

Натяжение тяг должно быть в I.5-2.0 раза больше номинальной нагрузки от машины.

Конструкция любого варианта обоймы состоит из двух основных элементов: упорных балок и тяжей (тяг). Упорные балки стягиваются тяжами, при этом, как правило, направление тяжей совпадает с линией действия неуравновешенных сил машины. Необходимо иметь в виду, что при больших нагрузках происходит значительное упругое удлинение стержней, которое тем больше, чем длиннее тяжи. Поэтому при длине фундамента свыше 20 м применение металлического бандажа становится малоэффективным.

С помощью натяжения тяжей обоймы невозможно произвести закрытия имеющихся трещин.

Цель обоймы - не допустить дальнейшего динамического раскрытия или уменьшить его до величины, не представляющей опасности для работы оборудования. Однако, и в том случае, если динамическое раскрытие трещин уменьшилось мало, положительная роль усиления остается, так как дальнейшего разрушения фундамента происходить не будет.

Металлическое усиление является также гарантией предотвращения аварийного состояния фундамента, вызванного последовательным разрывом арматурных стержней.

Натяжение тяг можно осуществлять несколькими способами: механическим закручиванием гаек, натяжением домкратами, предварительным нагревом.

Опыт эксплуатации металлических обойм показывает, что уже через I-3 месяца в тягах возникают остаточные деформации, и эффективность усиления уменьшается, вызывая увеличение раскрытия трещин. В связи с этим явлением необходимо осуществлять цеховой контроль за регулярной подтяжкой элементов усиления.

б) Повышенные вибрации фундаментных конструкций, вызванные явлениями резонанса приводят к нарушению нормальной работы машины, а также к разрушению фундаментов в результате образования в них трещин. Использование дополнительных металлических конструкций позволяет изменить жесткость существующих и, благодаря выведению фундаментных конструкций из резонанса, снизить уровень колебаний.

в) Поверхностное разрушение бетона опорных фундаментных конструкций приводит к обнажению арматуры и недопустимым коррозийным явлениям. Применение металлических конструкций используется для предотвращения дальнейших деформаций фундамент-

ных опор и дает возможность восстановить нарушенный защитный слой бетона.

г) Применение металлических конструкций при усилении фундаментов и устранение имеющихся дефектов во многих случаях возможно в условиях действующих производств без остановки оборудования.

Эффективность металлических усилий возрастает, если подобные работы выполняются в комплексе с предварительным склеиванием имеющихся трещин или их последующим бетонированием.

2. УСИЛЕНИЕ МАССИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

2.I. Фундаменты стенчатые подвального типа

Конструкция фундаментов состоит из верхнего стенчатого строения, опирающегося на нижнюю плиту. Фундамент подобного вида используется для установки низкочастотных машин с кривошипно-шатунными механизмами, в том числе горизонтальных поршневых компрессоров, имеющих неуравновешенные силы и моменты.

В процессе эксплуатации фундаментов горизонтальных поршневых компрессоров образуются трещины, которые по результа-

там многочисленных обследований фундаментов подобного типа, можно классифицировать следующим образом:

- горизонтальные - в швах бетонирования; в местах сопряжения нижней и верхней плит фундамента со стенами (рис.7,20);
- вертикальные - в углах статорной ямы основного массива, в местах крепления опор вала электродвигателя; в местах соединения стен под поршневыми рядами с основным массивом (рис.2,21,22,23,24,25).

Конструктивные решения усиления фундаментной конструкции выбираются в соответствии с наличием определенного типа трещин и формой фундамента.

Необходимость проведения ремонта фундамента, выбор варианта усиления в зависимости от состояния фундамента и возможности выполнения работ, связанных с реконструкцией, должна быть подтверждена результатами визуального и инструментального обследования.

а) Усиление фундаментов тросами.

Вариант предусматривает усиление дефектных фундаментов вцелом или их частей посредством обвязки гибкими металлическими тросами.

Конструкция состоит из упорных балок и стягивающих стальных тросов. Направление тросов должно совпадать с направлением действия силы.

Усиление тросами рекомендуется применять в тех случаях, когда, вследствие конфигурации фундамента или расположения оборудования, трос даёт возможность обходить наибольшие

изгибы и выступы.

Диаметр тросов должен быть не менее 25-30 мм, в зависимости от вида и состояния фундаментов.

Затяжка может производиться вручную и домкратами.

При обтягивании фундамента несколькими тросами создается возможность постепенного натяжения каждого из них.

На Березниковском АТЗ мероприятия по представленному варианту реконструкции были проведены после инъецирования основных трещин эпоксидной смолой (рис.26,27,28). Проведенные работы позволили временно восстановить монолитность фундамента. Неоднократные ремонты и усиления при постоянном инструментальном контроле за его состоянием дали возможность продолжить эксплуатацию фундамента еще более 10 лет.

В дальнейшем, из-за плохого качества бетона и несоответствия количества и диаметра арматуры проектным, фундамент продолжал разрушаться, и, впоследствии, он был вторично реконструирован с помощью сплошной железобетонной обоймы.

б) Усиление фундаментов металлическими тяжами.

При прохождении трещин в углах статорной ямы, в местах крепления вала электродвигателя используется частичное усиление основного массива фундамента.

Для усиления статорной ямы (рис.29,30) применяются анкерные тяги, по три с каждой стороны фундамента, длина которых определяется по месту, а диаметр - по расчету. Предварительное усилие в каждом анкере составляет 8.0 т.

Анкерные тяги пропускаются через пластины, приваренные к балкам из швеллеров и пропускаются вдоль стен фундамента к опорным уголкам, которые крепятся с двух сторон стены статорной ямы на болтах.

Местное усиление фундамента металлическими тяжами снижает процесс его дальнейшего разрушения при соблюдении постоянного внутрицехового контроля за натяжением тяжей.

Подобное усиление было выполнено на ПО "Азот" в г.Новгороде и г.Ионаве. При выполнении надлежащего контроля за конструкциями усиления и своевременного их подтягивания, последующие инструментальные наблюдения регистрировали стабилизацию вибрационного состояния фундамента.

В последствии, из-за нерегулярного подтягивания тяжей трещины получили дальнейшее развитие и местное металлическое усиление перестало выполнять свои функции по обеспечению целостности фундамента.

в) Усиление фундаментов обоймой с металлическими тяжами (бандажом)

Стенчатые фундаменты, имеющие многочисленные вертикальные трещины в местах сопряжения стен между собой могут быть усилены металлической обоймой, стягивающей всю верхнюю конструкцию фундамента тяжами.

В процессе эксплуатации железобетонного фундамента под горизонтальный компрессор марки 2ШЛК-I420 на Ионавском ПО "Азот", кроме трещин в углах статорной ямы произошел откол по вертикали стен под поршневыми рядами от основного массива.

Для усиления фундамента, обеспечения его монолитности и жесткости был устроен металлический бандаж (рис.31).
Упорные рамы бандажа, выполненные из двух швеллеров № 30, усиленных накладками и ребрами жесткости, стягивали восемью предварительно напряженными стержнями диаметром 44 мм из стали А-П, к концам которых приваривали нарезные части из высокопрочной стали. Между накладками устанавливались контрольные гайки, не допускающие выскакивания концов в случае обрыва тяжей.
Затяжку производили домкратами.

Указанная конструкция неоднократно использовалась на практике, и, при постоянном контроле за натяжением тяжей, давала возможность получить положительный эффект работы фундамента, что оценивалось постоянным инструментальным наблюдением за его вибрационным состоянием.

Для усиления фундаментов двухрядных компрессоров Новгородского ПО "Азот", на верхних конструкциях которого по результатам неоднократных инструментальных обследований вибраций наблюдался интенсивный процесс развития вертикальных трещин, как в статорных ямах, так и между основными массивами и концевыми рядами, сопровождавшийся недопустимым повышением уровня вибраций, была предложена конструкция обоймы, позволившая существенно увеличить усилие обжатия (рис.32,33,34). Повышение натяжения затяжки осуществлялось путем взаимного стягивания стержней в вертикальной плоскости в трех местах по длине стержней. Подобная конструкция обоймы позволила создать усилие обжатия около 620 тс, при динамической горизонтальной силе, создаваемой машиной равной 80 тс.
Расчет металлического усиления данного типа приведен в

Приложении 2.

Для продолжения эксплуатации горизонтального компрес - сора на Новгородском ПО "Азот" перед усилением фундамента металлической обоймой была произведена заделка основных трещин эпоксидными составами по методике, изложенной в рекомендациях Раздела П.

После проведения ремонтных мероприятий эффективность усиления была подтверждена результатами инструментального обследования.

г) Усиление фундаментов жесткой металлической обоймой.

При наличии в теле фундамента горизонтальных и вертикальных трещин, разделяющих массив на отдельные части, задача усиления состоит в восстановлении монолитности конструкции путем создания взаимосвязи, отделившихся частей за счет надежного включения металлических, предварительно напряженных элементов продольных рам в совместную работу с железобетонным фундаментом.

На фундаменте горизонтального двухрядного компрессора 3Г-100/200, установленного на Львовском химическом заводе по результатам визуальных и инструментальных обследований были обнаружены значительные горизонтальные трещины как под статорной ямой, так и в стенах под поршневыми рядами. Кроме того вертикальные трещины отделили стенчатые конструкции поршневых рядов от основного массива. Обследования установили непригодность фундамента для дальнейшей эксплуатации без проведения его усиления.

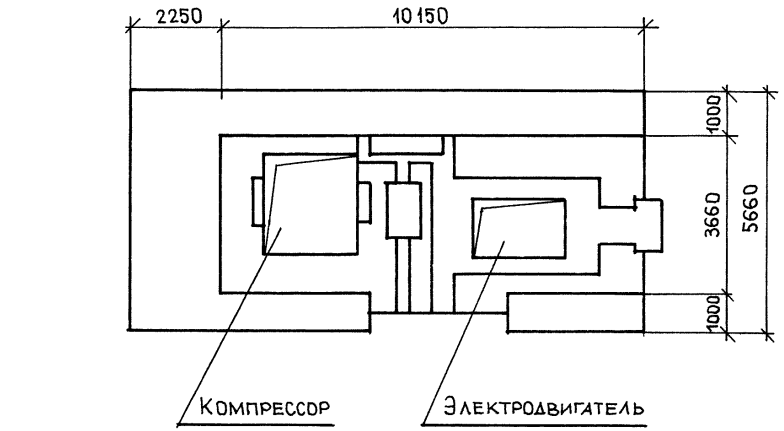
Учитывая состояние фундамента, проектом предусматривалось создание металлической обоймы, предварительно напряженной и

жестко соединенной с фундаментом.(рис.35,36). Металлическая обойма охватывает по периметру основную часть фундамента (вокруг статорной ямы) двумя рядами поясов из швеллеров № 24. Пояса соединены крестовинами из швеллера № 30, расположенными по торцовой и боковым поверхностям.

Для соединения металлических конструкций с фундаментом вдоль левой части статорной ямы было вырублено пять вертикальных штраб 500х400 мм, в которые вставлены стойки из парных швеллеров № 24, а также пробиты сквозные отверстия в стеновых частях для пропуска поперечных тяг. Дополнительные узлы жесткости стоек устанавливались по углам фундамента. Сварка производилась после предварительного натяжения боковых продольных поясов посредством их нагрева до 120-130^0 (величина предварительного натяжения - 2000 кг/см2) и закрепленных двумя болтами диаметром 60 мм. Металлическая обойма омоноличивалась со старым бетоном посредством раствора марки 300, на расширяющемся цементе.

Система металлических, предварительно напряженных балок, жестко связанных с фундаментом, создает обойму, аналогичную сплошной железобетонной обойме.

Работы по усилению фундамента были выполнены. Результаты последующего инструментального обследования свидетельствовали об удовлетворительном состоянии фундамента и пригодности к дальнейшей эксплуатации.



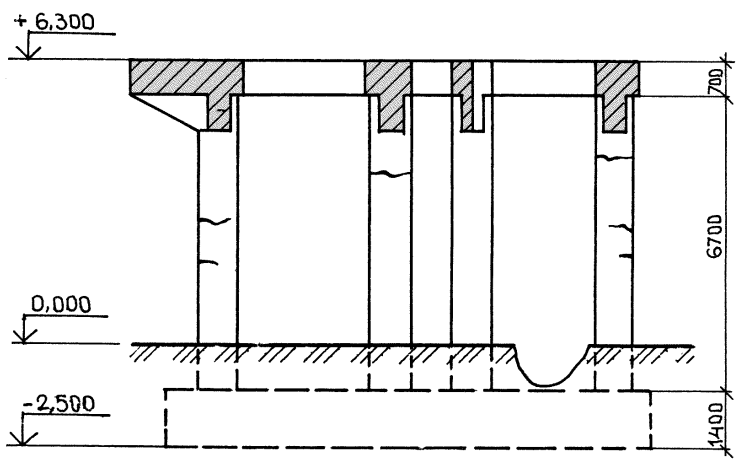
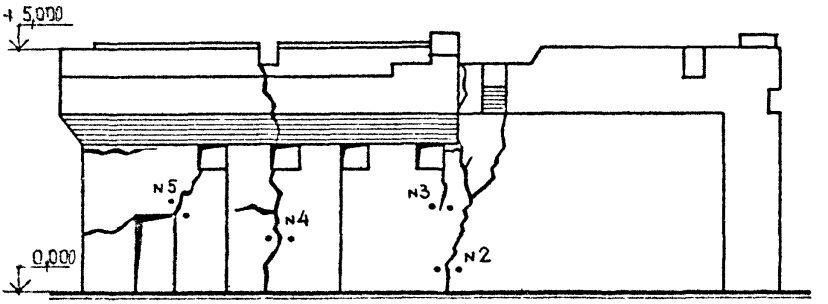


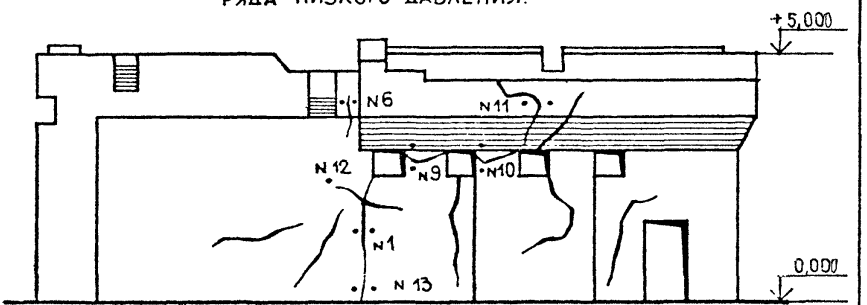
Рис. 20 Трещины в колоннах монолитного железобетонного рамного фундамента компрессора К-500.

П.О. „Лугансктепловоз."

Вид на сторону
ряда высокого давления



Вид на сторону
ряда низкого давления.



Вид торца
со стороны электродвигателя

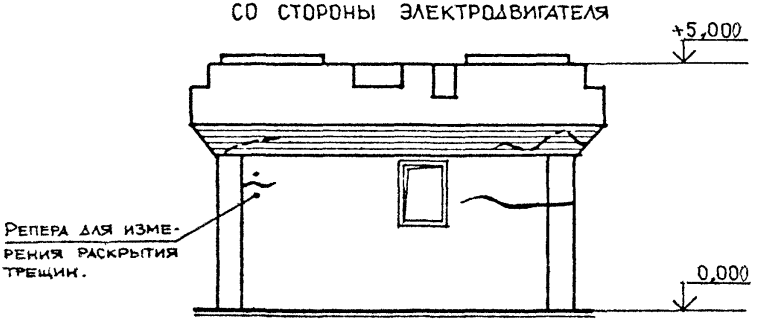
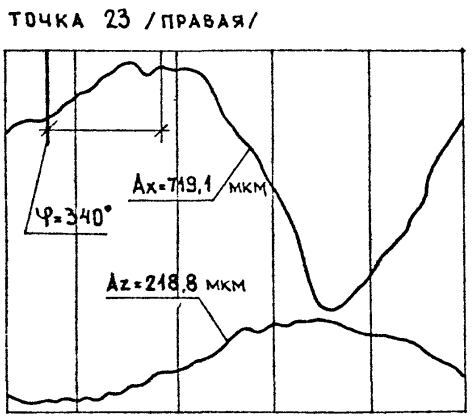
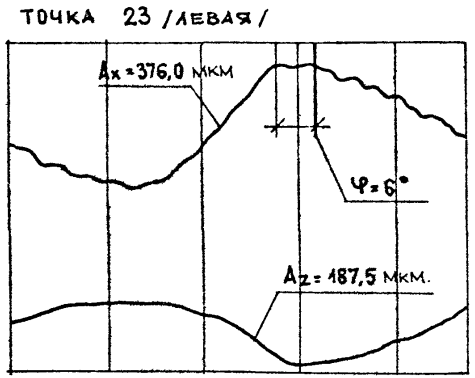


Рис. 21 Расположение трещин и маяков на боковых поверхностях фундамента компрессора 2ШЛК-1420.

Березниковский АТЗ, фундамент ЭГК-1.





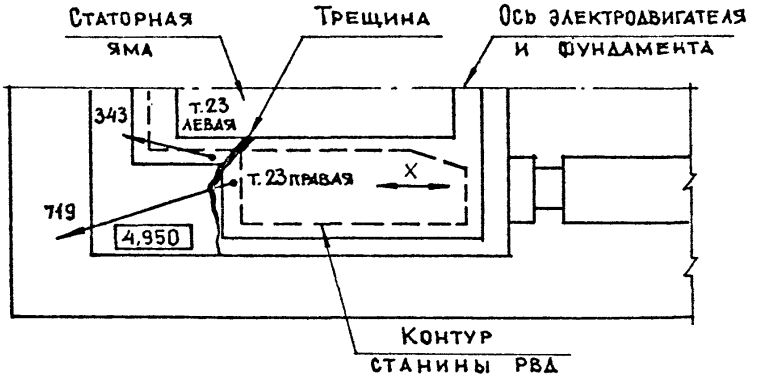


Рис. 22 Колебания фундамента компрессора 1Г 266/320 при наличии вертикальной трещины в фундаментной стене статорной ямы электродвигателя.

Ионавское ПО „Азот", цех метанола.

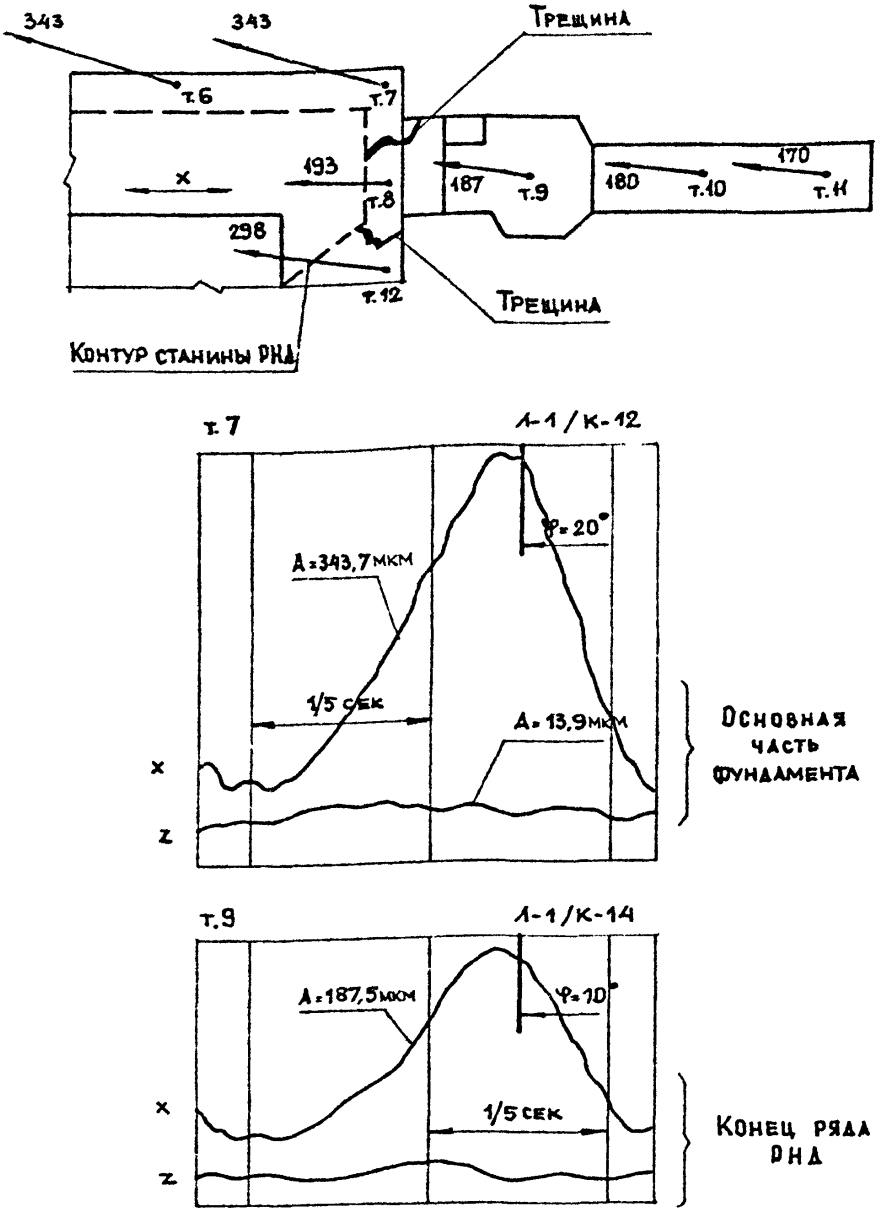
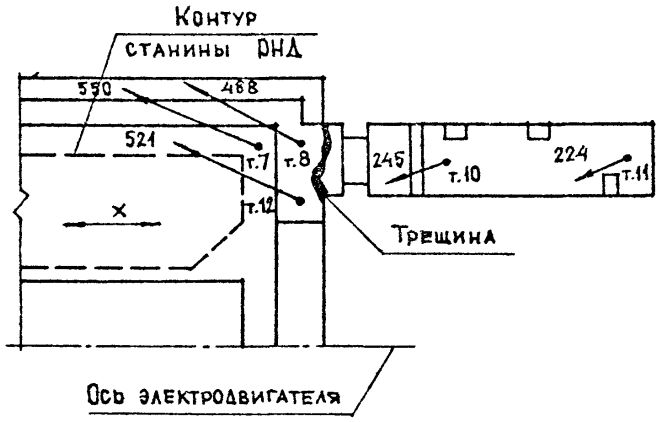
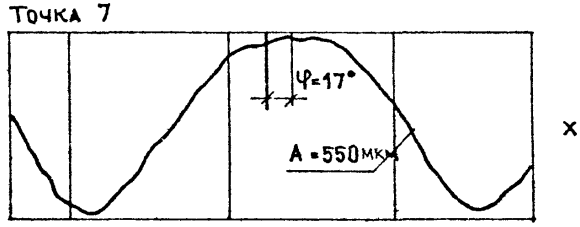
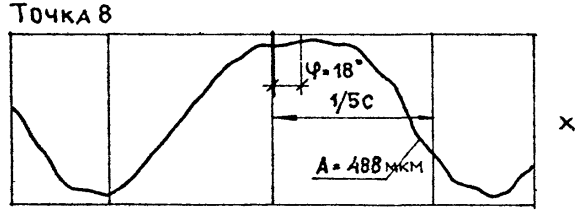


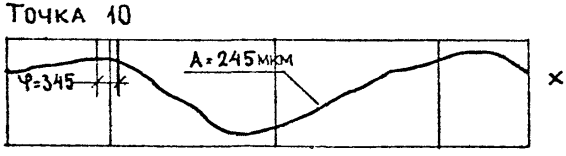
Рис. 23 Сравнение амплитуд и фаз колебаний фундамента компрессора 1Г-266/320 при наличии трещины между основной частью и концевым рядом.

Новгородское ПО „Азот", цех метанола











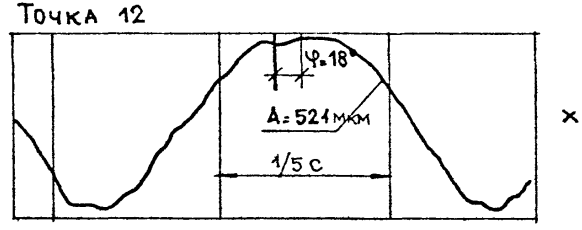
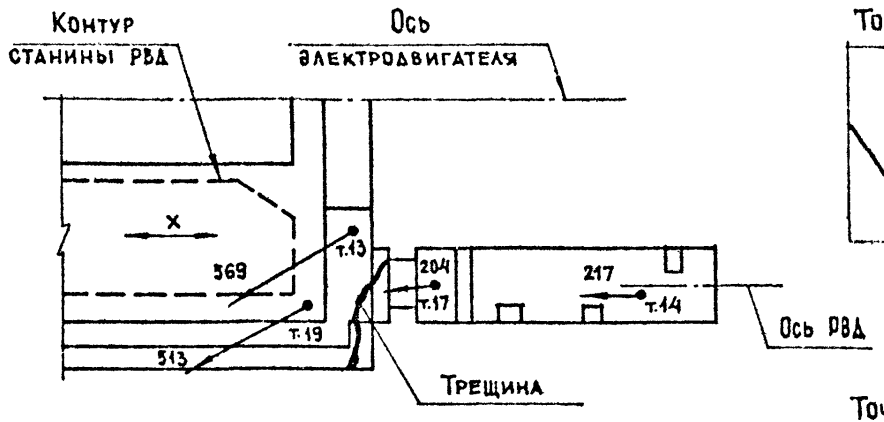
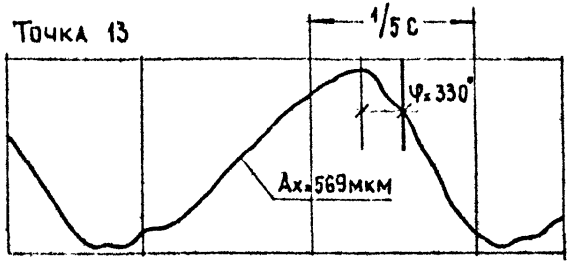
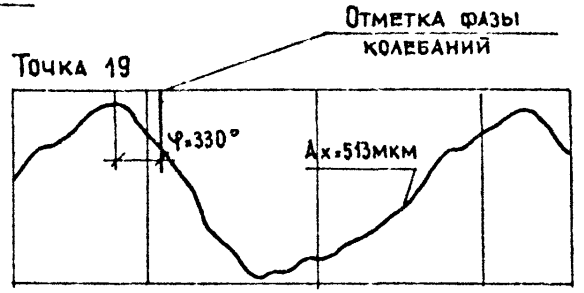
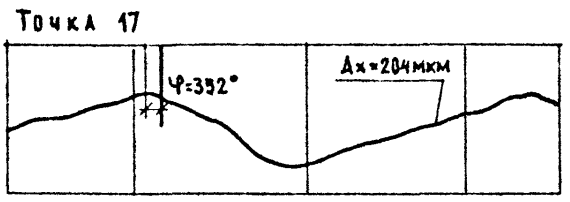


Рис.24 Сравнение амплитуд и фаз колебаний фундамента компрессора 1Г-266/320 при наличии трещины между основной частью и РНД
Ионавское ПО „Азот", цех метанола.









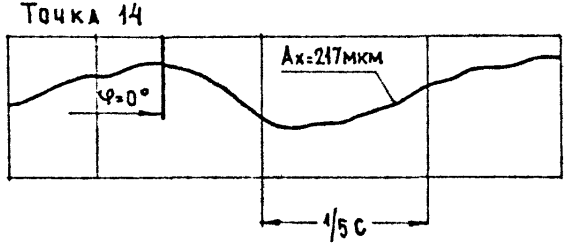
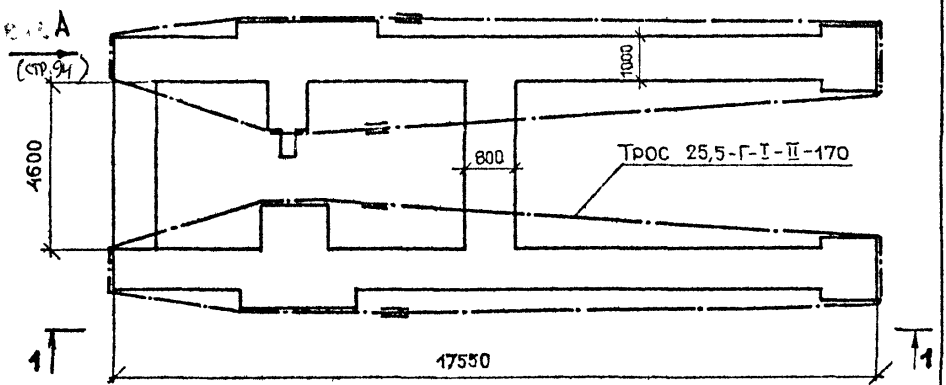


Рис. 25 Колебания фундамента компрессора 1Г-266/320 при наличии трещины между основной частью и концевым рядом.

Ионавское ПО „Азот", цех метанола.

План



1 — 1

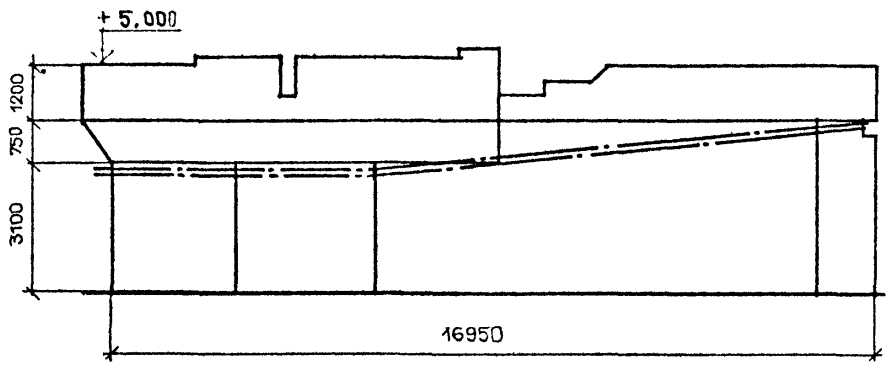
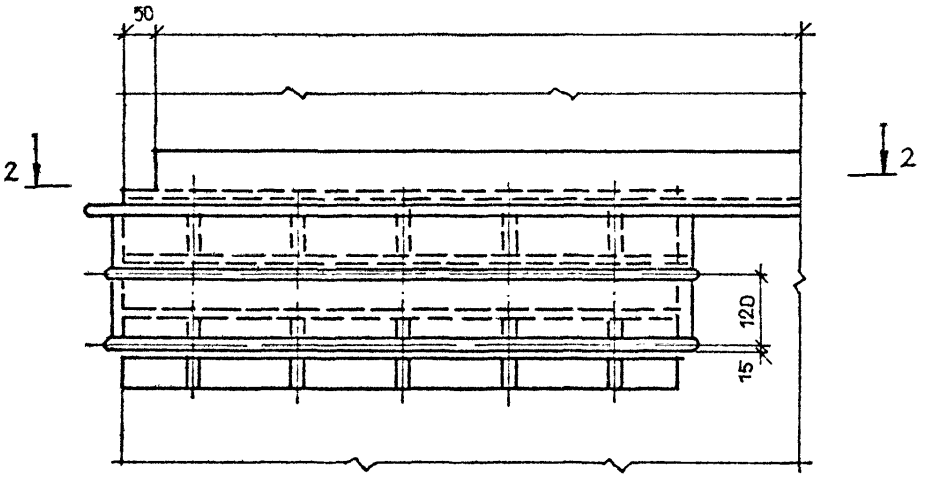


Рис. 26 Усиление фундамента горизонтального компрессора 2ШЛК-1420 металлическими тросами.

г. Березники, АТЗ.

А (стр. 93)



2 – 2

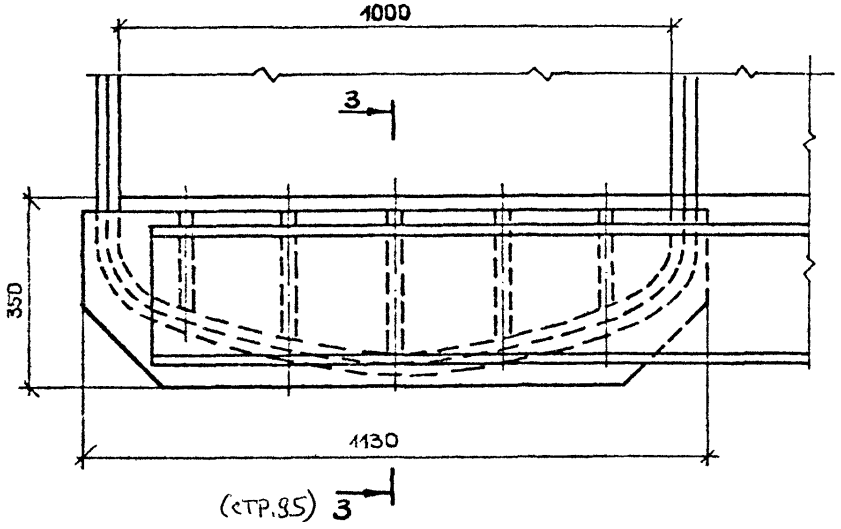
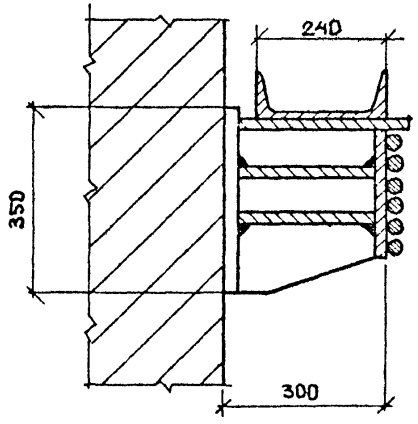
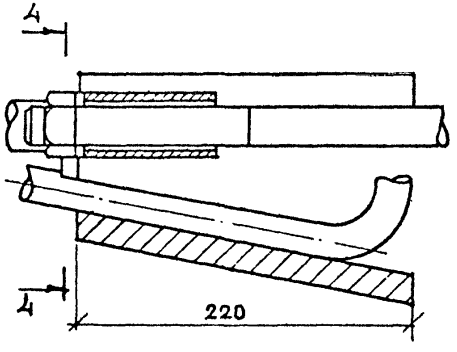


Рис. 27 Усиление фундамента горизонтального компрессора 2ШЛК-1420 металлическими тросами. Вид А, разрез 2-2.

г. Березники, АТЗ.

3 - 3 (стр. 94)





4 - 4

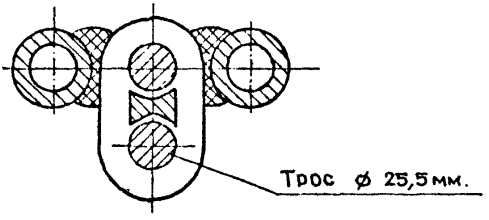


Рис.28 Усиление фундамента горизонтального комгрессора 2ШЛК-1420 металлическими тросами. Разрезы 3-3, 4-4.

г. Березники. АТЗ.

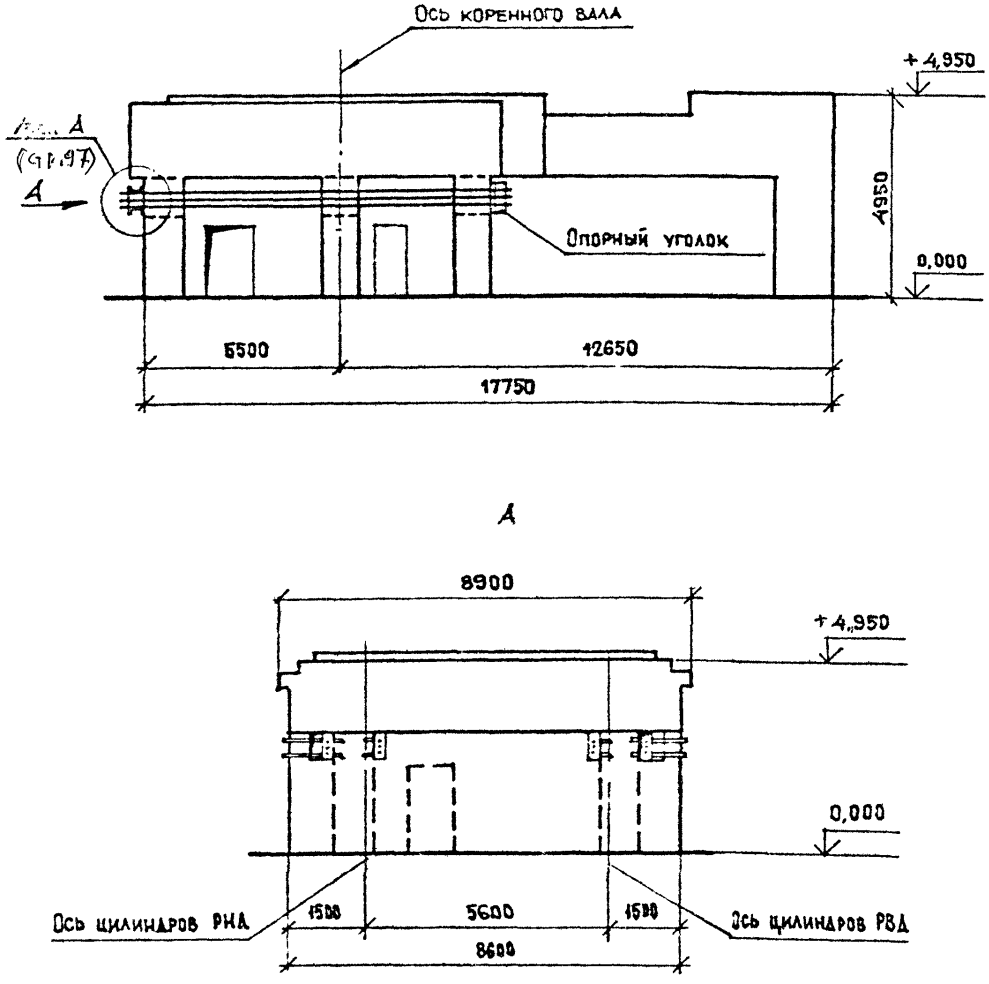
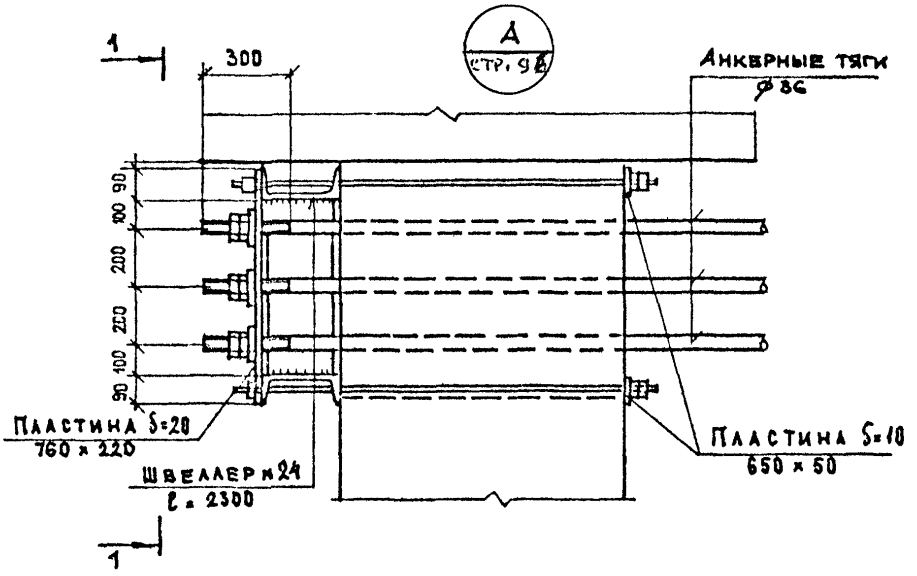


Рис. 29 Усиление фундамента горизонтального компрессора 1Г-266-320 в районе статорной ямы металлическими тяжами.

г. Новгород, г. Ионава, К.О. „Азот".



1 – 1

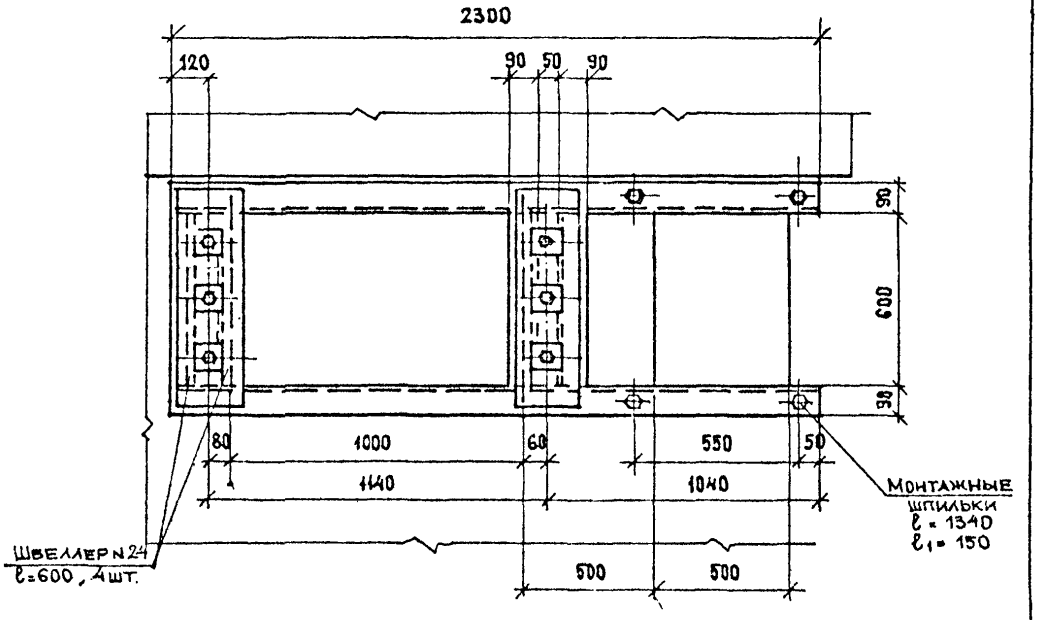
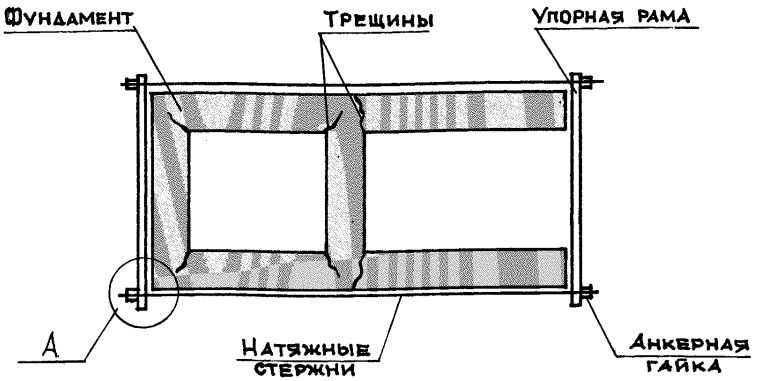


Рис. 30 Усиление фундамента горизонтального компрессора 1Г-266-320 в районе статорной ямы металлическими тяжами. Узел А.

г. Новгород, г. Ионава ; П.О. „Азот".

План



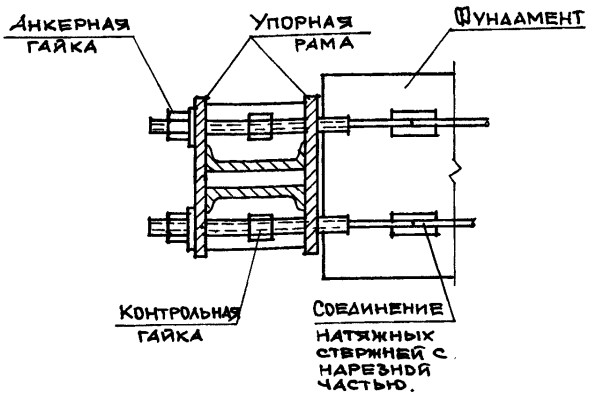
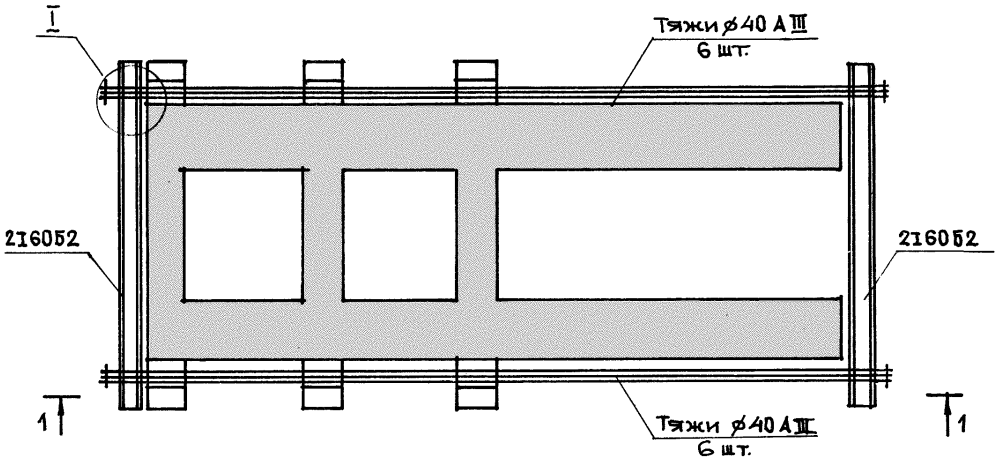


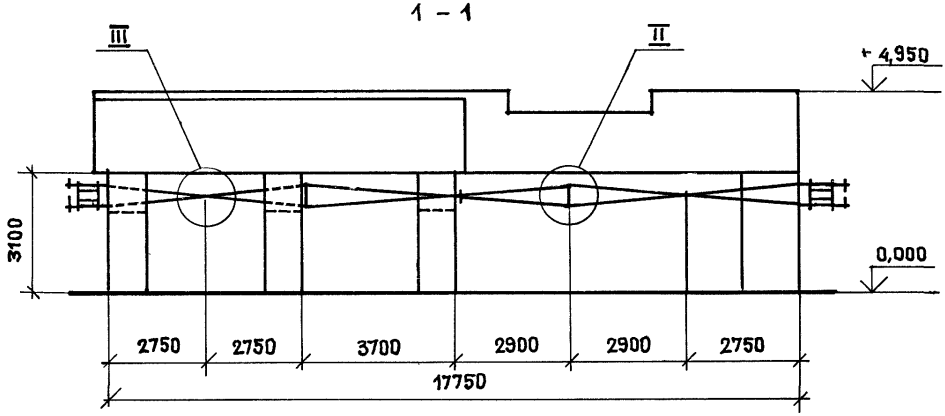
Рис.31 Усиление фундамента горизонтального компрессора 2ШЛК-1420 обоймой с металлическими тяжами.

г. Иснава ; П.О „Азот."

План.



1 – 1



Узел I см. стр. 100; Узел II и III см. стр. 101.

Рис. 32 Усиление фундамента горизонтального компрессора 1Г-266-320 металлическими тяжами. г. Новгород, ПО „Азот."

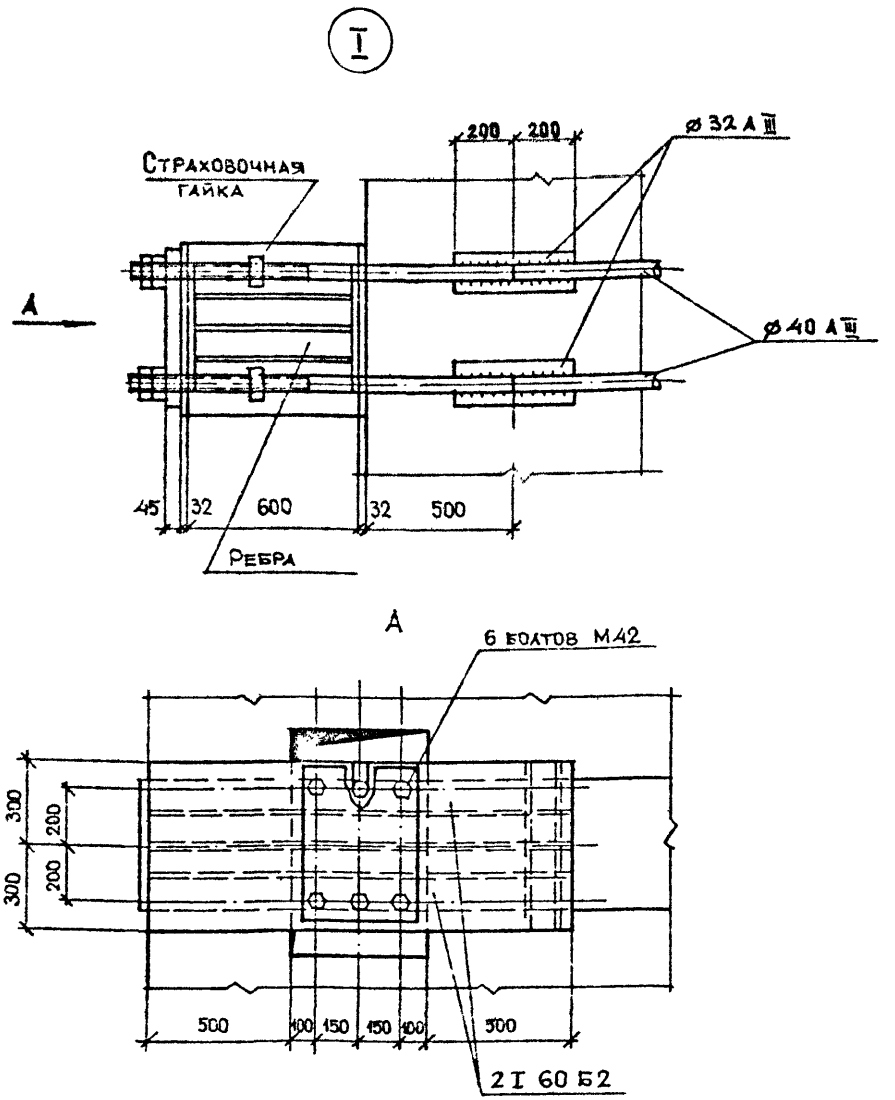


Рис. 33 Усиление фундамента горизонтального компрессора 1Г-266-320 металлическими тяжами. Узел I. (Расположение узлов см. на рис. 32.)

г. Новгорода, ПО „Азот".

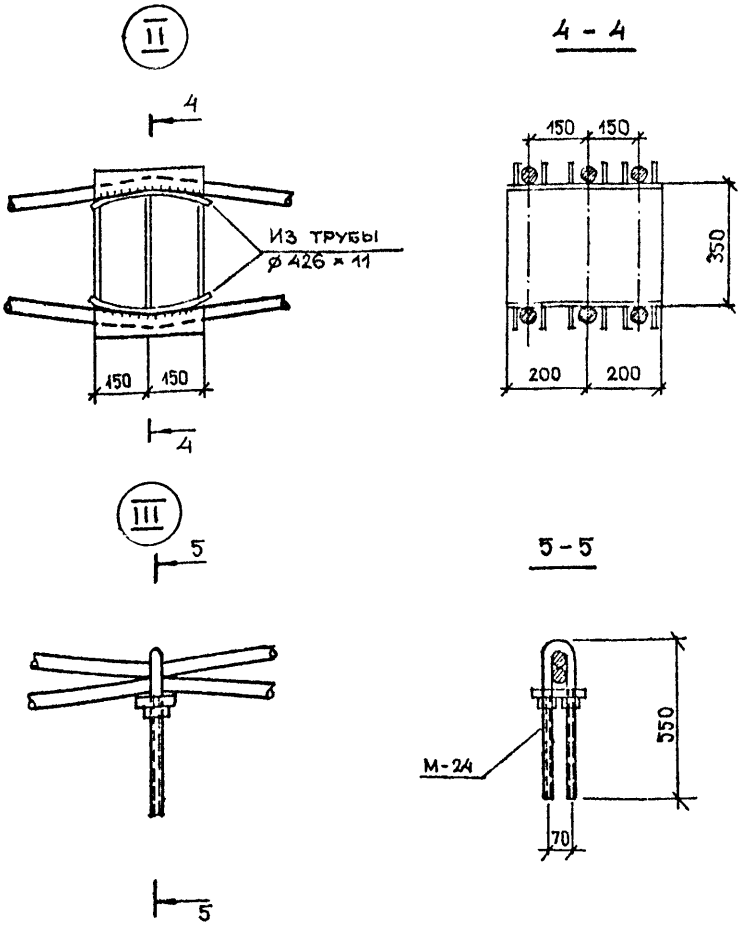


Рис. 34 Усиление фундамента горизонтального компрессора 1Г-266-320 металлическими тяжами. Узлы II и III. (Расположение узлов см. на рис. 32)

г. Новгород., ПО „Азот".

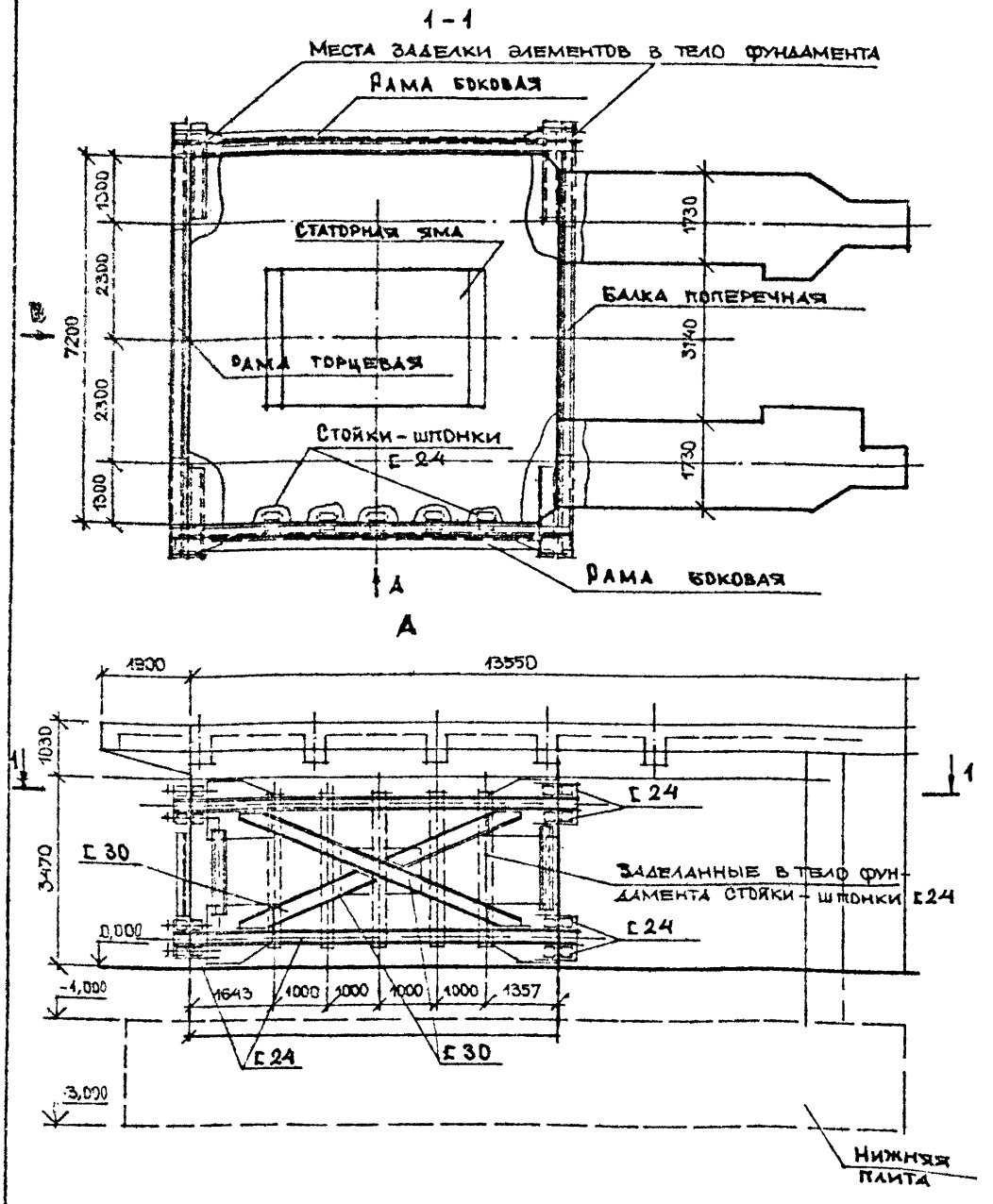


Рис. 35 Усиление фундамента горизонтального двухрядного компрессора 3Г-100/200 жесткой металлической обоймой. План. Вид А.

Химический завод, г. Львов.

В (стр. 102)

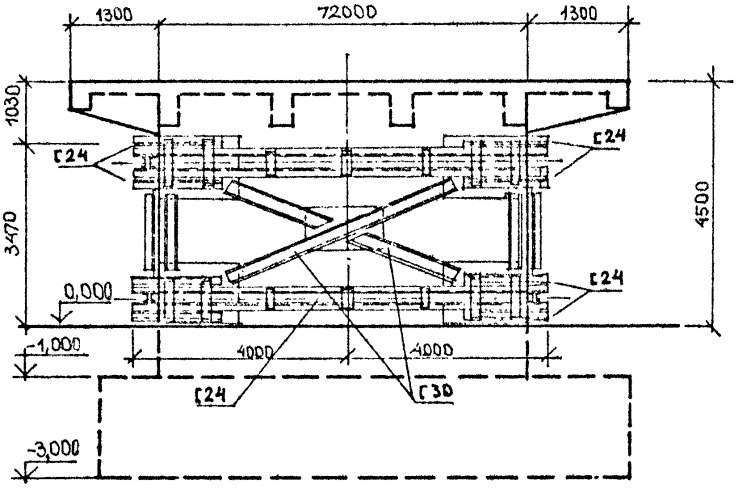


Рис.36 Усиление фундамента горизонтального двухрядного компрессора 3Г-100/200 жесткой металлической обоймой. Вид В.

Химический завод. г. Львов.

2.2. Фундаменты с массивной верхней частью подвального типа.

Фундаменты с массивной верхней частью выполняются с выемками, шахтами и отверстиями, необходимыми для размещения и крепления частей установки: самой машины, вспомогательного оборудования и коммуникаций. Часто конфигурация машины не требует развития всего массива, а в необходимых местах достаточно устройство поддерживающих конструкций в виде выступов и банкетов. В результате массивная конструкция фундамента становится изрезанной. Общая большая жесткость таких фундаментов в местах соединения банкетов с основным массивом значительно уменьшается.

К фундаментам подобного типа относятся фундаменты под оппозитные компрессоры, наиболее частыми дефектами которых является откол от основного массива банкетов под направляющие поршней цилиндров (рис.9) и тумб (подливок, набетонок) качающихся опор. Опыт эксплуатации оппозитных компрессоров показывает, что дефекты фундамента в значительной степени влияют на работу самой машины, вызывая ее поломку: разрыв анкерных болтов, шпилек, крепящих направляющие цилиндров к картеру, трещин в картере и самих направляющих цилиндров.
Одновременно с этим наблюдается сдвиг станины компрессора, влияние которого на сам компрессор такое же отрицательное, так и откол банкетов.
Поэтому в данном случае рекомендуется провести усиление узлов опирания компрессора на фундамент посредством увеличения

площади опорной пластины и улучшения ее связи с фундаментом. При наличии в фундаментах вертикальных трещин, отсекающих банкеты под опорами ползунов от основного фундаментного массива под картером машины, целесообразно, для предотвращения откола банкетов, установка металлического усиления вокруг картера и банкетов опор ползунов.

На рис.37,38 приведено усиление фундамента оппозитного компрессора 50 ТГ-130/200, установленного на предприятии в г.Химки. На фундаментах между основанием картера и опорами ползунов цилиндров I иП рядов образовались вертикальные трещины, вызванные отсутствием арматуры, что было обнаружено в результате осмотра и инструментального обследования фундамента.

Упорные балки металлического усиления выполнены из двух двутавров № I6 и соединены с одной стороны 2 тяжами из высокопрочной стали диаметром 36 мм, с другой - тремя такими же стержнями, с нарезкой резьбы по самим стержням. Различие в количестве стержней вызвано неравномерным приложением нагрузок, горизонтальных поршневых сил равных 50 тс, смещенных в сторону, противоположную электродвигателю. Затяжка производилась гаечным ключом с динамометром на I00% расчетной нагрузки на тяги.

Проведенное после усиления инструментальное обследование фундамента показало, что металлический бандаж уменьшил его колебания и стабилизировал вибрационное состояние. Эффективная работа такого усиления требует постоянного контроля за одинаковой затяжкой болтов металлической рамы.

2.3. Фундаменты монолитные, установленные на эстакадах.

Массивные фундаменты небольших объемов в виде сплошных блоков или плит используются на эстакадах для установки вентиляторов, обслуживающих различные производства. Кроме того, вместо устройства железобетонного постамента, поддерживающие вентилятор конструкции могут быть выполнены в виде металлических столиков. Эстакады выполняются в сборном железобетоне, плиты перекрытия обычно сборные, монолитные опираются на металлические балки. Перекрытие непосредственно несущее опорные конструкции вентиляторов в некоторых случаях устроено металлическим.

Постаменты жестко закреплены на перекрытиях и включают в вибрационный процесс конструкции эстакады. Повышенные вибрации вентиляторов приводят к аварийным ситуациям и вызваны группами причин:

-дефекты строительных конструкций;

-резонанс, недостаточная жесткость опорных элементов, трещины, отставание подливки;

-дефектами механизмов вентиляторов.

Результаты инструментальных обследований показали, что определяющим фактором, влияющим на работу вентиляторов, является состояние строительных конструкций, недостаточная проработанность проектных решений и строительные дефекты. После проведения мероприятий по ремонту дефектов фундаментов или усилению конструкций, эксплуатация вентиляторов продолжалась в удовлетворительном режиме.

Строительные конструкции, подлежащие усилению, способ их усиления определяется только инструментальным обследованием, которое дает возможность установить возникающие резонансные явления, определить имеющиеся дефекты в постаментах, надежность крепления рам под вентиляторами и электродвигателями и выбрать соответствующие мероприятия по ремонту и усилению.

Несвоевременное определение причин неудовлетворительной работы оборудования и поддерживающих конструкций в отдельных случаях влечет за собой аварию сооружения.

На Невинномысском ПО"Азот" существует несколько эстакад, на которых установлены вентиляторы различных типов. Поддерживающие их конструкции имеют различное исполнение. Скорость вращения электродвигателей в каждой группе установленных на эстакадах вентиляторов, определяющих вибрационное состояние конструкций, также различна.
Дефекты и трещины, резонансные явления и меры по их устранению определялись результатами инструментальных обследований.

На одной из эстакад произошла авария вентилятора, который в процессе работы, испытывая повышенные вибрации, срезал анкерные болты и упал с постамента.

Фундаментный постамент выполнен одновременно с монолитной частью железобетонного перекрытия, уложенного на несущие металлические балки из двутавров № 45. Опорные узлы оказались выполнены с отступлениями от проекта, в результате чего ненагруженные железобетонные плиты опирались на двутавр, а опорные части, несущие большие статические и динамические нагрузки, оказались срезаны и вместо них приварены, без какого-либо контроля, переходные опорные пластины, в результате чего

произошел отрыв балок в опорных узлах, что привело к повышенным вибрациям фундамента и балок, к аварии вентилятора. Усилению подлежали все четыре опоры несущих металлических балок фундамента по трем предложенным вариантам (рис.39,40):

- крепления нового опорного узла посредством приваривания по торцу балки к закладной пластине и несущей фундамент металлической балке опорного столика;
- при отсутствии закладной пластины в железобетонной балке опорный столик устанавливался на железобетонной балке и закреплялся шпильками в предварительно просверленных отверстиях на эпоксидном клее, затем балка приваривалась к опорному столику;
- установка опорного столика, посредством его крепления к хомутам, предварительно установленным и сваренным с предварительным разогревом для обеспечения жесткого обхвата балки, а затем соединенных между собой уголком.
  Кроме усиления опорных узлов дополнительно к несущим балкам были приварены металлические двутавровые балки № 30 для обеспечения дополнительной жесткости конструкции.

Фундаменты другой группы вентиляторов установлены на железобетонных плитах перекрытия эстакады, сборной и монолитной конструкции (рис.41).

Электродвигатель расположен на монолитной части перекрытия, сам вентилятор - на сборной. Крепление вентилятора и электродвигателя к фундаменту осуществлено с помощью металлической рамы, которая в свою очередь соединена с фундаментом с помощью анкерных болтов, для которых в теле фундамента устроены колодцы.

В сборных плитах до их монтажа, в предварительно просверленные отверстия, устанавливались металлические коробчатого сечения закладные детали. Бетонирование фундаментного постамента осуществлялось вместе с монолитной плитой перекрытия. Со сборной частью перекрытия фундамент оказался соединенным только закладной деталью под анкерные болты. Проектные решения признаны неудовлетворительными по следующим причинам:

- фундаментные постаменты расположены на строительных конструкциях, имеющих различные динамические характеристики;
- недостаточное армирование как самого постамента, так и примыкающей части монолитной плиты;
- отсутствует крепление опорной части фундаментного постамента, расположенного на сборной плите перекрытия, составляющее более 50% опорной площади;
- металлические закладные детали для фундаментных болтов, расположенные в сборных железобетонных плитах перекрытия не обеспечили жесткого крепления в них болтов.

Инструментальное обследование показало неудовлетворительное соединение фундаментного постамента с перекрытием, отсутствие надежного закрепления рамы анкерными болтами, которые при затяжке вытягивались из фундамента.

Усиление произведено с помощью тяжей на обеих сторонах фундамента, расположенных как на сборной, так и на монолитной части перекрытия. Балки усиления приваривались к раме вентилятора по месту. Перед проведением усиления старый слой подливки полностью удалялся и заливался заново после окончания работ.

Повышенные вибрации поддерживающих конструкций вентиляторов эстакады Гродненского ПО "Азот", в колебательный процесс которой вовлекалось металлическое перекрытие и металлические постаменты, приводили к аварийному состоянию самих вентиляторов. Общее количество установленных вентиляторов составляло 106 единиц, из которых около трети оказались в неудовлетворительном состоянии.

Весь комплекс работ состоял из следующих этапов:

- визуальный отбор вентиляторов с наибольшими вибрациями, инструментальная запись колебаний опорных конструкций. Анализ результатов измерений, установление причин повышенных вибраций, разработка технических решений по уменьшению колебаний;
- разработка на основании данных виброизмерений рабочей документации типов усиления поддерживающих конструкций - металлического перекрытия и опорных столиков вентиляторов - в зависимости от проектных решений опорных конструкций;
- контрольные измерения усиленных опорных конструкций с целью оценки результатов измерений и корректировки рабочей документации.

В дальнейшем была проведена паспортизация состояния опорных конструкций всех вентиляторов для проведения усиления в случае повышенных вибраций и установления очередности усиления, наличия тенденции развития динамического состояния оборудования и предотвращения аварийных ситуаций.

Результаты предварительного обследования позволили установить, что возбудителями колебаний опорных конструкций явились сами вентиляторы. Повышенные вибрации металлических постаментов и перекрытия носили резонансный характер, при-

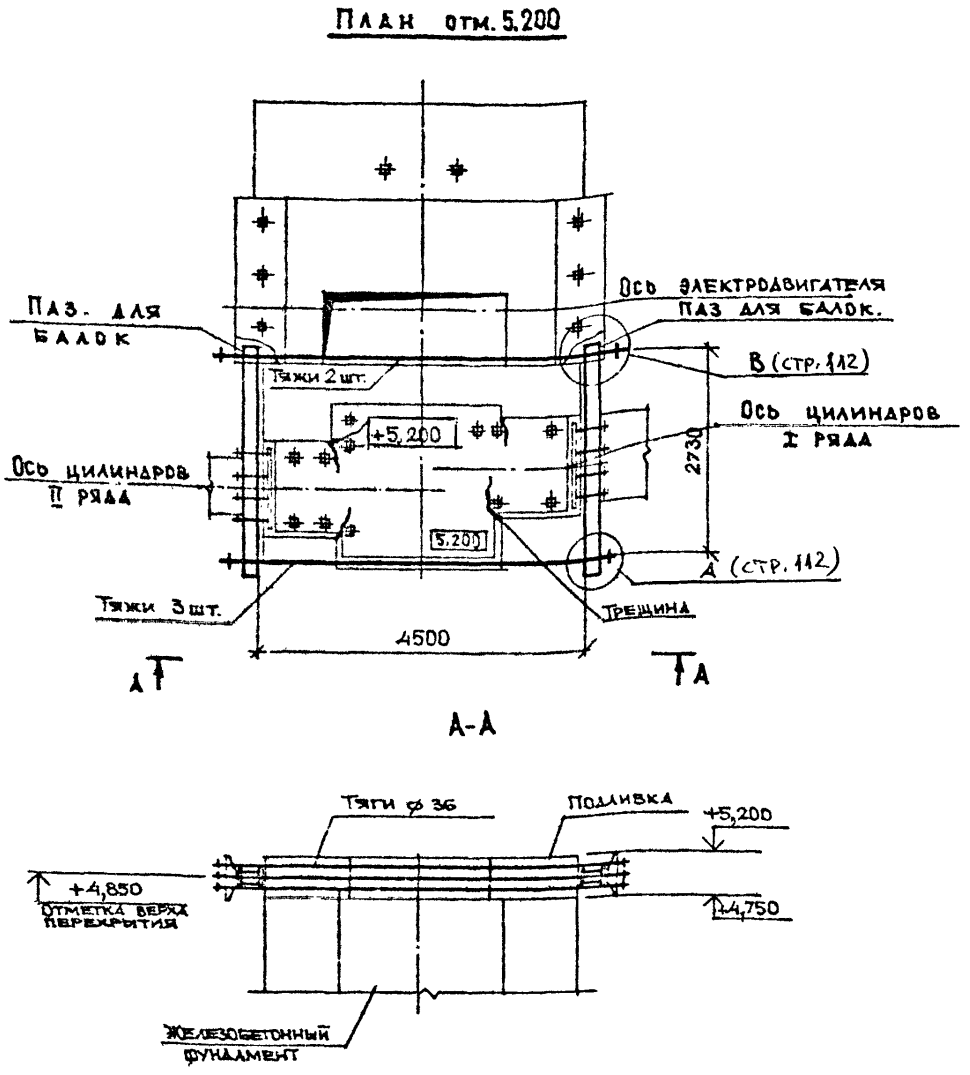


Рис. 37 Усиление фундамента оппозитного компрессора 5ОТГ-130/200 металлическими тяжами

Предприятие г. Химки.

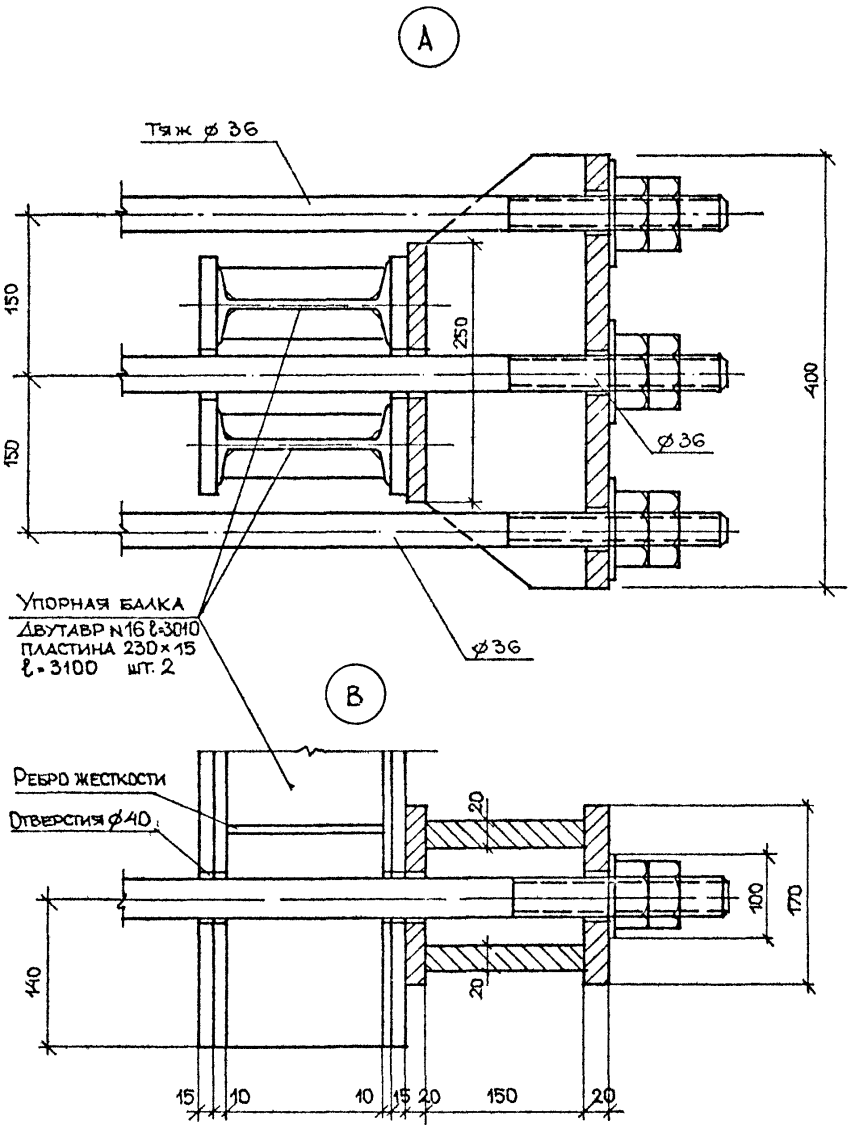
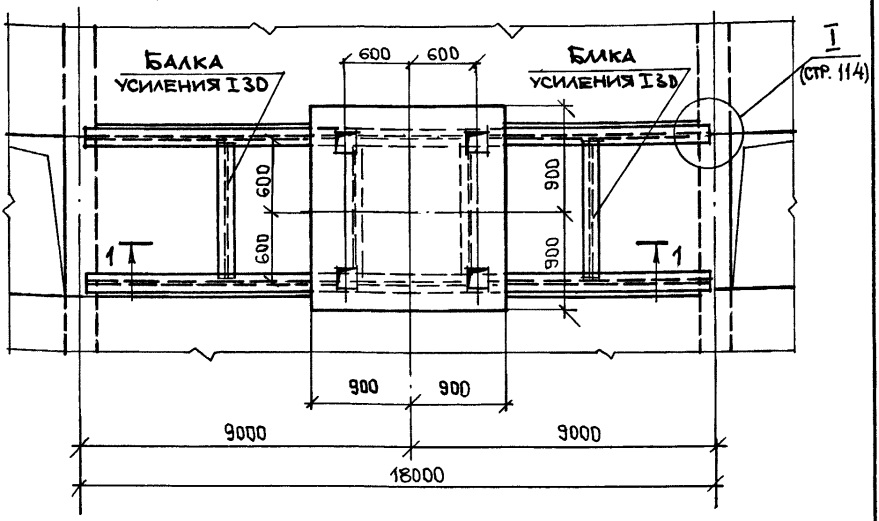


Рис.38 Усиление фундамента оппозитного компрессора 5ОТГ-130/200 металлическими тяжами. Узлы А,В (Расположение узлов см. на рис.38) Предприятие г. Химки.

План расположения балок перекрытия и железобетонного фундамента вентилятора
(ж/б перекрытие не показано)



1 – 1

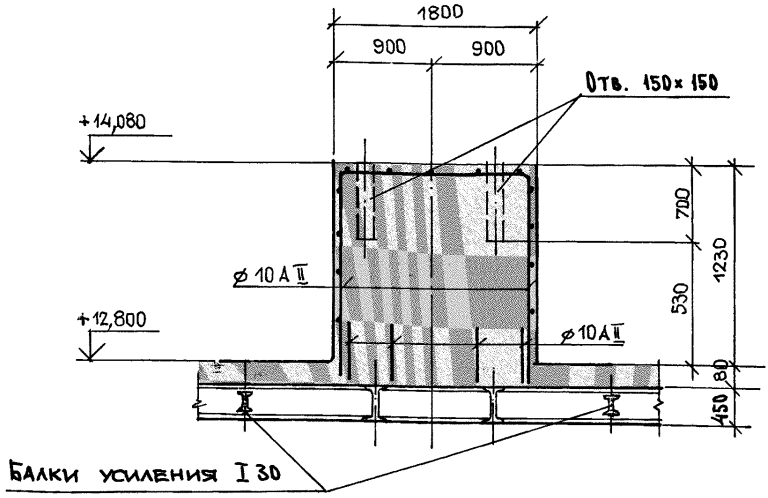


Рис. 39 Усиление опорных металлических конструкций эстакады под фундаментом вентилятора.

г. Невинномысск, П.О. „Азот"

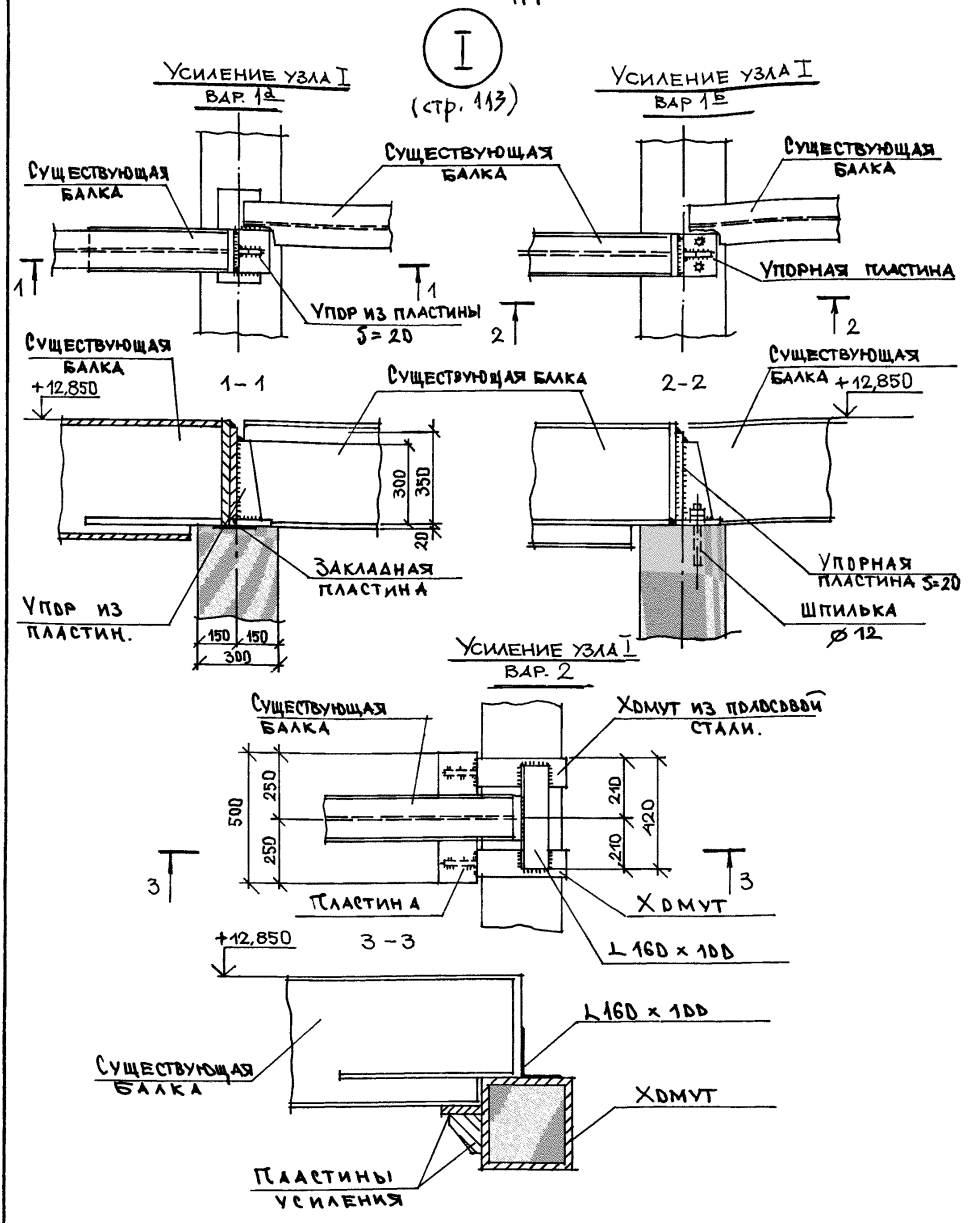
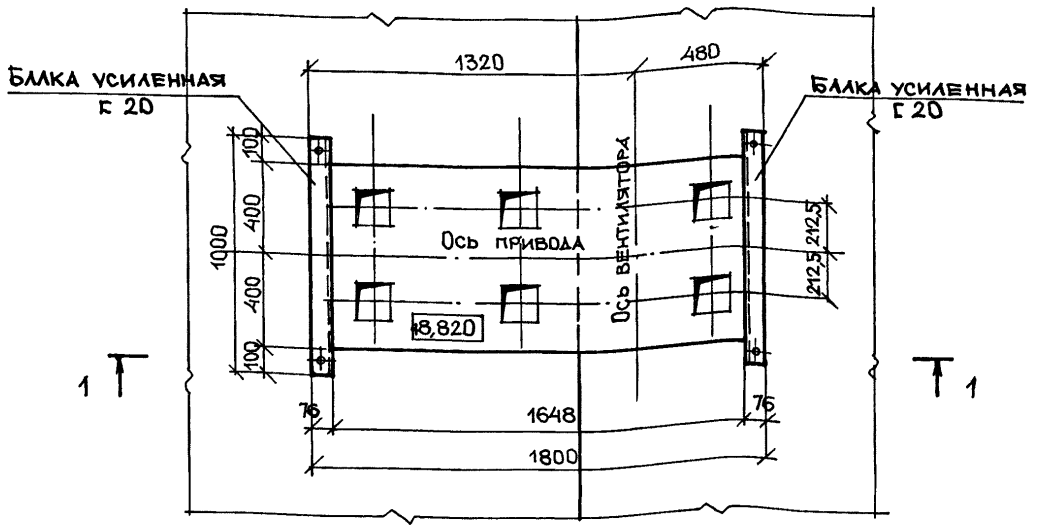


Рис. 40 Усиление опорных металлических конструкций эстакады под фундаментом вентиляторa.
Варианты усиления опорного узла I
(Расположение узлов см. на рис. 39)
г. Невинномысск, П.О. „Азот"



1 – 1

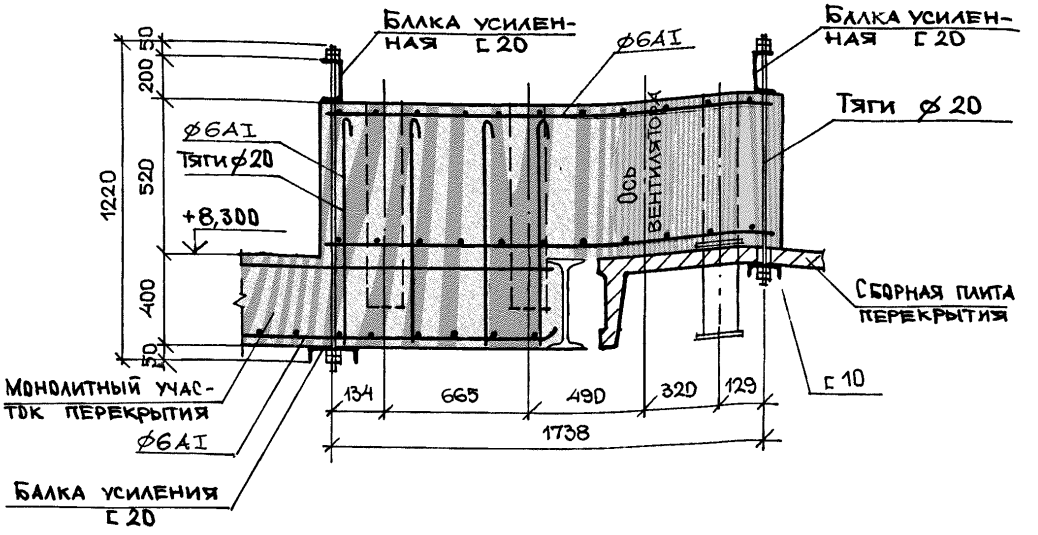
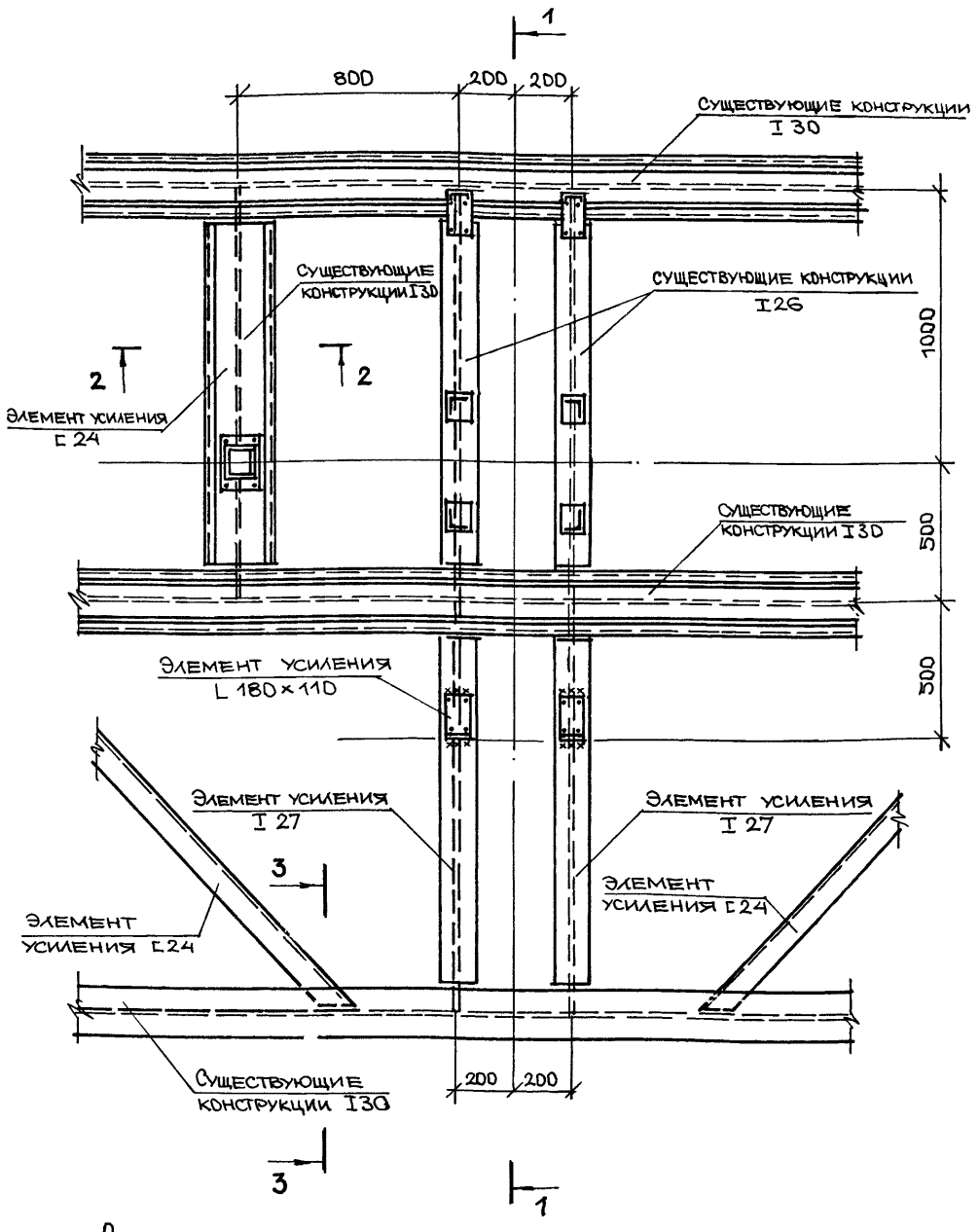


Рис. 41. Усиление фундаментного постамента под вентилятор, установленного на монолитной и сборной плите перекрытия.



Разрезы 1-1; 2-2 и 3-3 см. стр. 117.

Рис. 42 Усиление металлических опорных конструкций вентиляторов установленных на эстакаде.

Гродненское ПО „Азот".

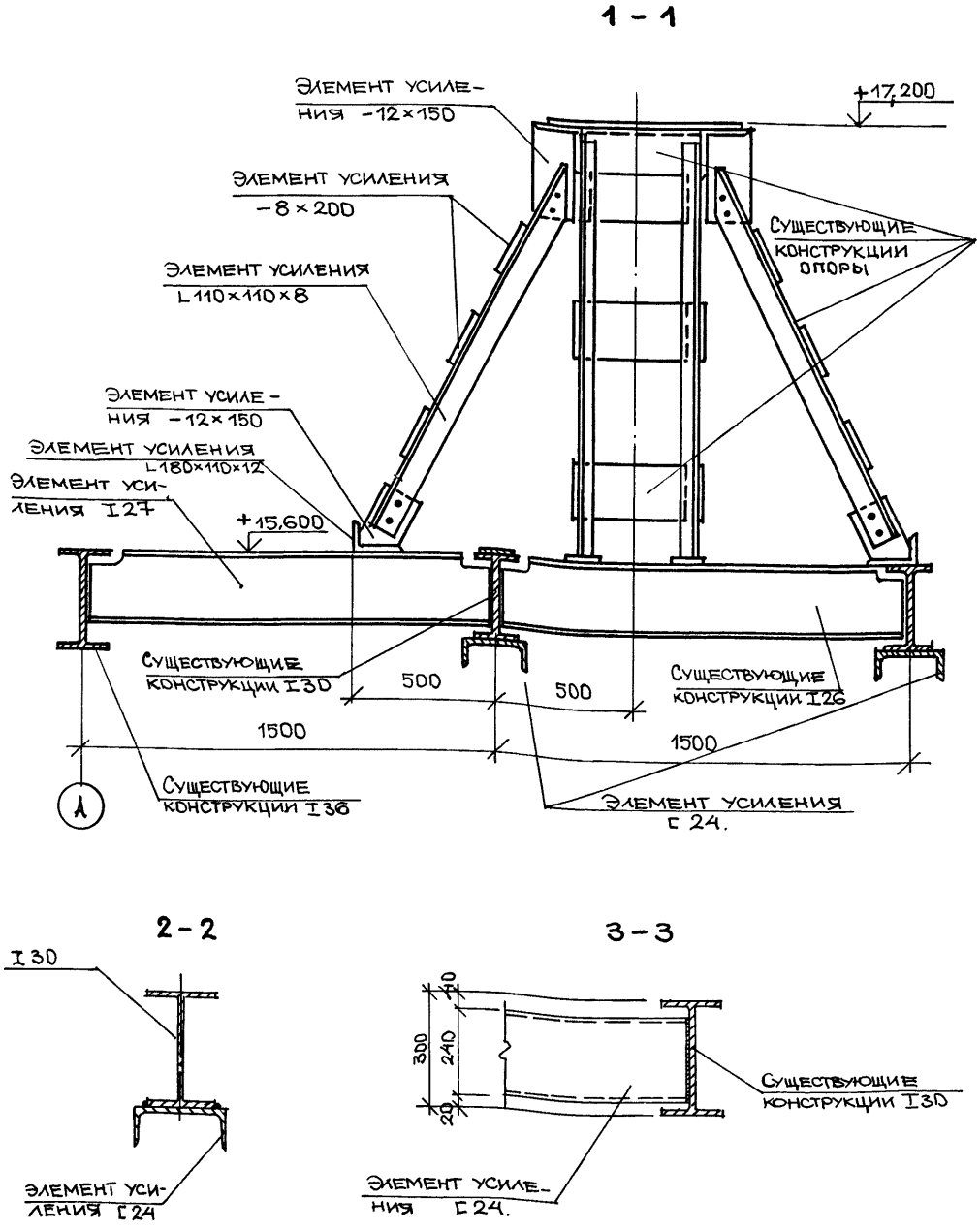


Рис. 43 Усиление металлических опорных конструкций вентиляторов, установленных на эстакаде. Разрезы 1-1; 2-2; 3-3 (стр. 116)

Гродненское ПО „Азот"

чиной которых явилась недостаточная жесткость промежуточных металлических балок перекрытия и постаментов.

Увеличение собственных частот конструкций достигалось для опорных балок перекрытия приваркой дополнительного швеллера или двутавра и уменьшения пролета за счет введения добавочных наклонных распоров. Изменение жесткости опорных столиков вентиляторов достигалось введением дополнительных косых упоров и усиления дополнительными балками основания постаментов (42,43).

Мероприятия по усилению сводились, в основном, к увеличению жесткости поддерживающих конструкций и выводу системы из резонанса. Пример данной работы показывает важность и необходимость всех составляющих её этапов.

3. УСИЛЕНИЕ РАМНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.

3.1. Монолитные и сборно-монолитные рамные фундаменты.

Монолитные и сборно-монолитные рамные фундаменты под турбокомпрессоры устраиваются в зависимости от компоновки и расположения вспомогательного технологического оборудования одноэтажными и многоэтажными, с нижней плитой, соединенной с перекрытиями и верхней плитой железобетонными колоннами.

Бетонирование сооружения разбивается на этапы, в результате чего, при достаточно большой высоте фундамента, назначаются швы бетонирования.

При выполнении работ с отклонениями от проектных решений и указаний строительных норм, эксплуатация агрегатов может привести к деформации фундаментов и нарушению работы самой машины. Оценка ситуации должна производиться с помощью инструментального обследования.

В качестве примера усиление многоэтажного фундамента рассмотрим фундамент под компрессор В-201-I(2), установленного на нефтехимическом комбинате г.Тобольска. (Рис.44).

Компрессорная система В-201-I(2) состоит из привода-паровой турбины и четырех секций компрессора, скомпанованных на одном валу, число оборотов которого составляет 4000 об/мин.

Фундамент монолитный, железобетонный, рамного типа, нижняя массивная плита имеет размеры в плане 28.5х15.8м., толщину I.4 м.

К I8 колоннам сечением I.3хI.0 м, расположенным в три ряда, на отметках I5,4 м и 8.4 м примыкают плиты перекрытий толщиною 0.I м, опирающиеся на ригеля и прогоны.

Фундаменты возведены из тяжелого бетона класса ВI5, рабочая арматура класса АП диаметром 25 мм.

При бетонировании фундаментных колонн на отметках 0.60 м и 8.40 м были выполнены швы бетонирования.

Учитывая указания СНиП Ш-I5-76, действовавшие на период строительства, о непрерывности укладывания бетонной смеси в фундаментные конструкции, воспринимающие динамические воздействия от установленного на них оборудования и обеспечения их прочности и устойчивости; были разработаны мероприятия по усилению фундамента.

Проект предусматривал стягивание верхней и нижней плит фундамента (с целью закрытия трещин - швов бетонирования)

посредством тяжей из высокопрочной стали, устанавливаемых параллельно железобетонным колоннам. Нижние концы тяжей заделываются в плите, в шпурах глубиною 300 мм посредством самоанкерующихся конических головок, верхние проходят через просверленные отверстия верхней плиты и затягиваются гайками.

8.2. Фундаментные опоры рамного типа.

Фундаментная опора подобного типа состоит из ряда поперечных П-образных рам, жестко соединенных стойками с фундаментной плитой. Горизонтальные элементы, поперечные и продольные, связывают рамы между собой. Такая конструкция фундаментов используется для установки машин с вращающимися барабанами.

Неудовлетворительное качество бетона и нарушение правил производства работ приводят к возникновению горизонтальных трещин на опорах и по швам бетонирования. Кроме того при недостаточной жесткости рамы наблюдаются явления резонанса опор, отрицательно влияющие на работу установленного на них агрегата.

Для усиления фундаментных опор рамного типа в некоторых случаях могут быть применены связи, крестообразно установленные между стойками опор. На Новоздолбулновском цементно-шиферном комбинате предварительно сжатыми связями крестообразно были усилены пространственные фундаментные опоры под вращающиеся печи (рис.45). Связи предварительно были сжаты с помощью тросов и домкратов. Величина предварительного сжатия связей устанавливалась из условия, что при любых нагрузках

они останутся сжатыми. Связи были сконструированы таким образом, чтобы избежать в процессе эксплуатации возможного возникновения в стойках растягивающих усилий, приводящих к разрушению узлов примыкания связей к рамам. Сжимающие усилия передавались лобовым упорам на пластины, приваренные к арматуре рамы, предварительно обнаженной, а растягивающие - через коротыши вдоль срежней арматуры. При этом стержни арматуры не вырываются из бетона и целостность узлов рамы не нарушается.

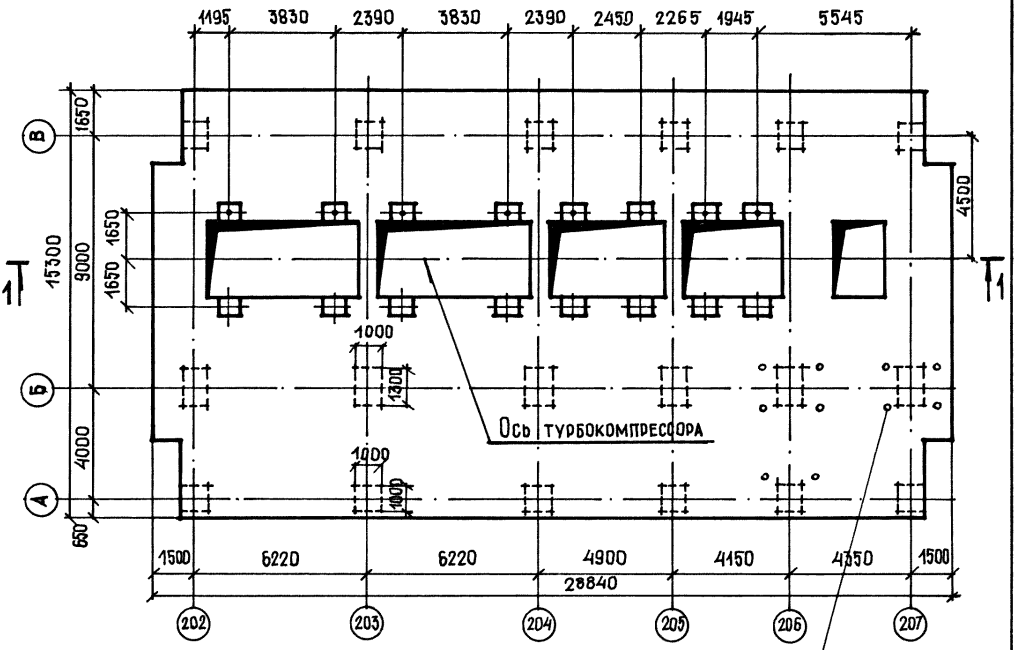
Усиление стен рамы фундамента вращающейся печи, вызванного разрушением защитного слоя бетона показано на примере фундамента, установленного на Волгоградском алюминиевом заводе (рис.46,47,48).

Цель усиления - предотвратить дальнейшее разрушение бетона и усилить деформированную опору. Работы проводились в три этапа распорками из уголков 160х160х10 и соединительных планок. Этапность работ определялась высотой стены фундамента ~ 10 м. На первом этапе работы распорки шириной 800 мм и высотой 2.75 м устанавливались с двух сторон стены, упоры, также из уголков и планок, стягивались болтами. Смонтированные распорки связывались между собой планками на сварке. На втором этапе (от 8.75 м до 10.0 м) также устанавливались распорки, стягивались сначала верхний и нижний упоры, а затем средний упор, и распорки связывались между собой планками.

Третий этап предусматривал (от 2.75 м до 3.75 м) к уголкам на отметку 3.75 м приварку уголка, а затем полосы с двух сторон. Распорка, с размерами в плане 1.0х2.0 м, была установлена и

при помощи накладок соединена с планками сваркой. Каждый болт, стягивающий уголки между собой, затягивался усилием 30 кг на плече 50 см.

Повторное обследование установило эффективность проведенного усиления.



1 - 1

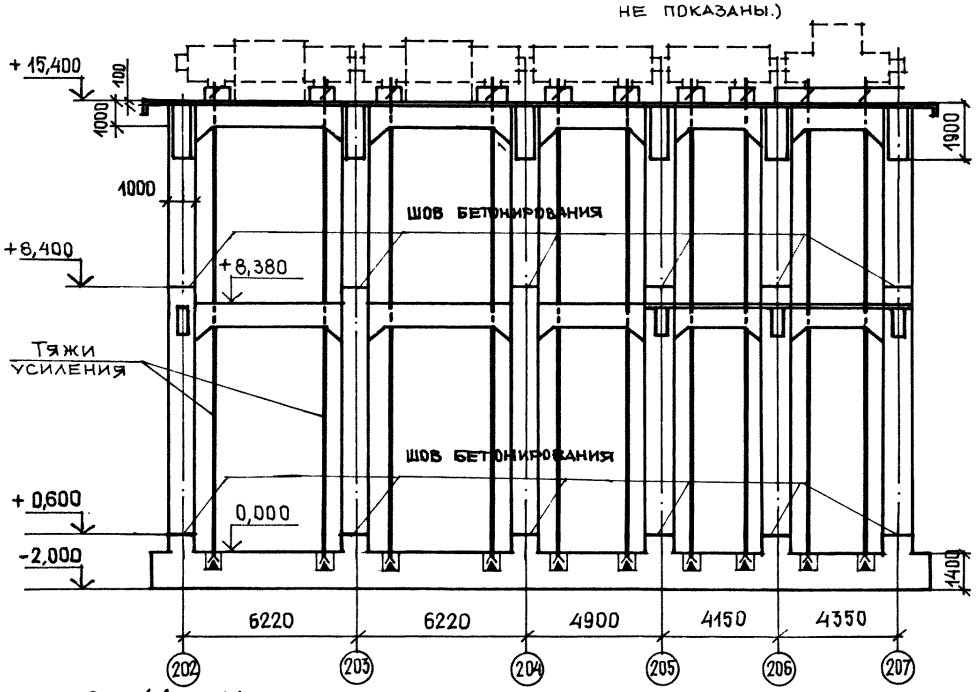


Рис. 44 Усиление рамного фундамента под турбокомпрессор GB-201-1 металлическими тяжами. Тобольский НХК.

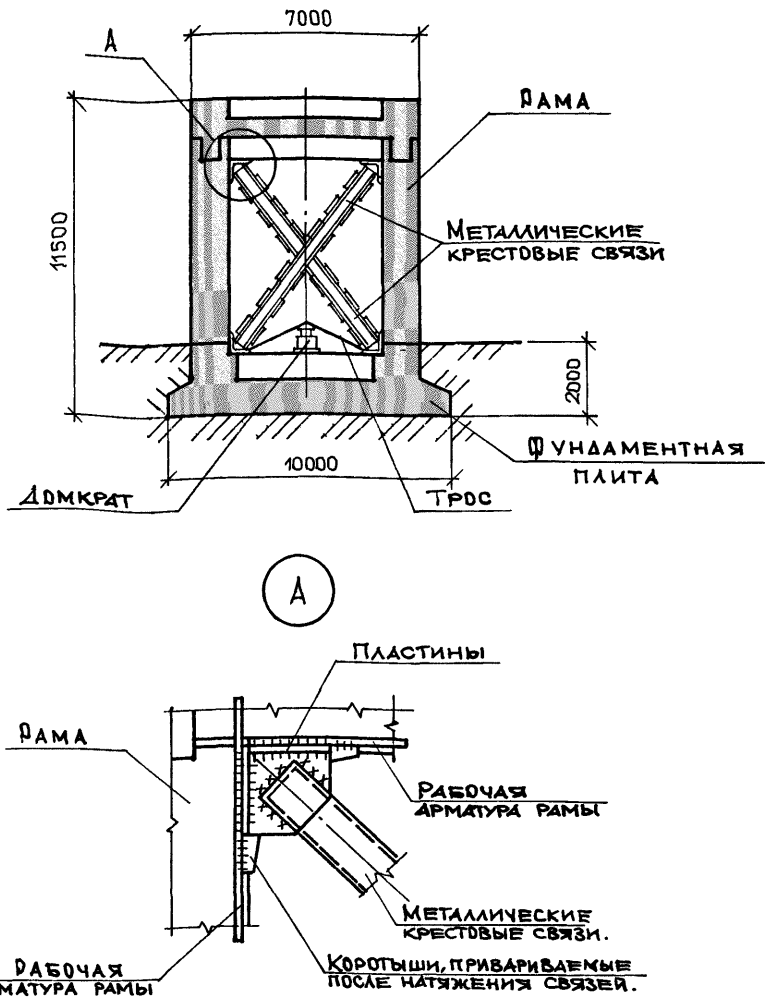
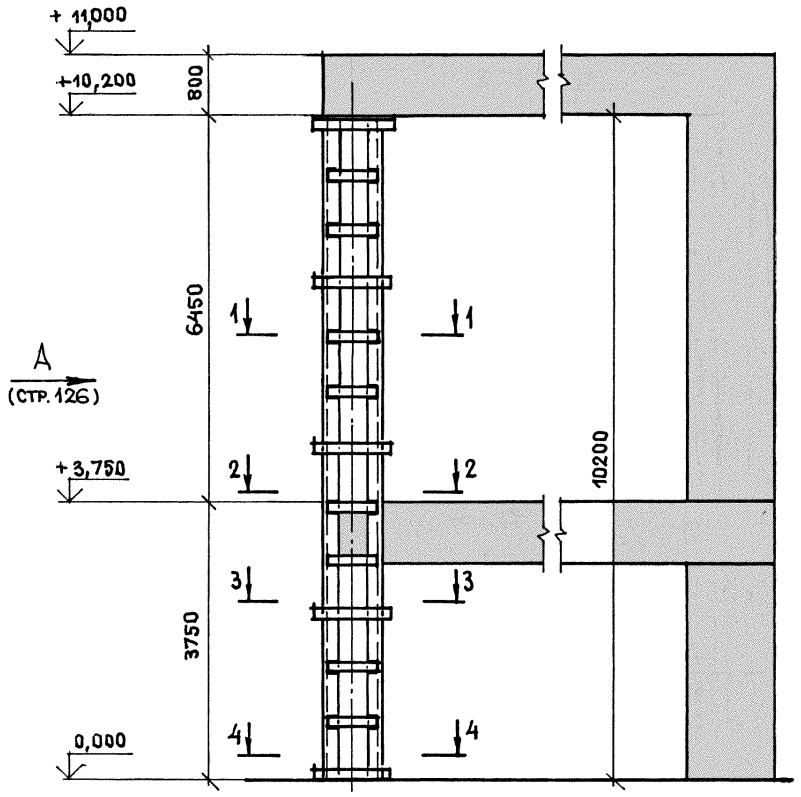


Рис. 45 Усиление фундаментной опоры рамного типа под вращающиеся печи металлическими связями.

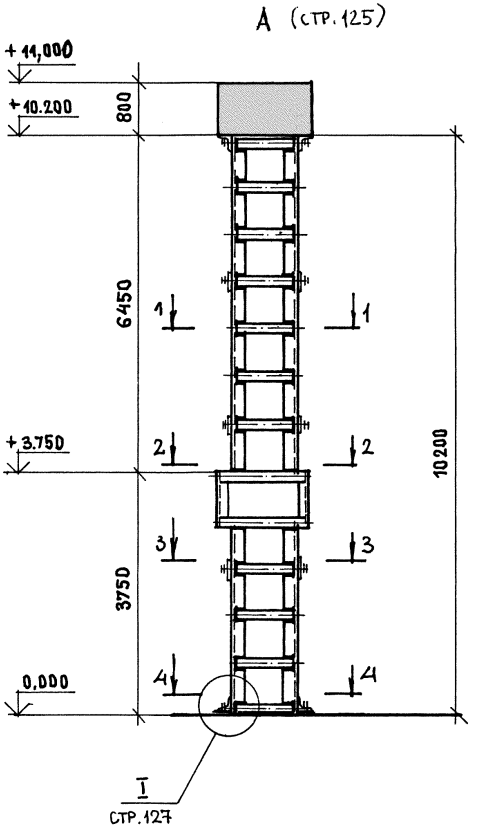
Новоздолбуновский шиферный комбинат.



Сечение 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 см. стр. 127

Рис. 46 Усиление фундаментной опоры рамного типа под вращающуюся печь. Усиление стены рамы.

Волгоградский алюминиевый завод.



Сечение 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 см. стр. 127.

Рис. 47 Усиление фундаментной опоры рамного типа под вращающуюся печь. Усиление стены рамы.

Волгоградский алюминиевый завод.

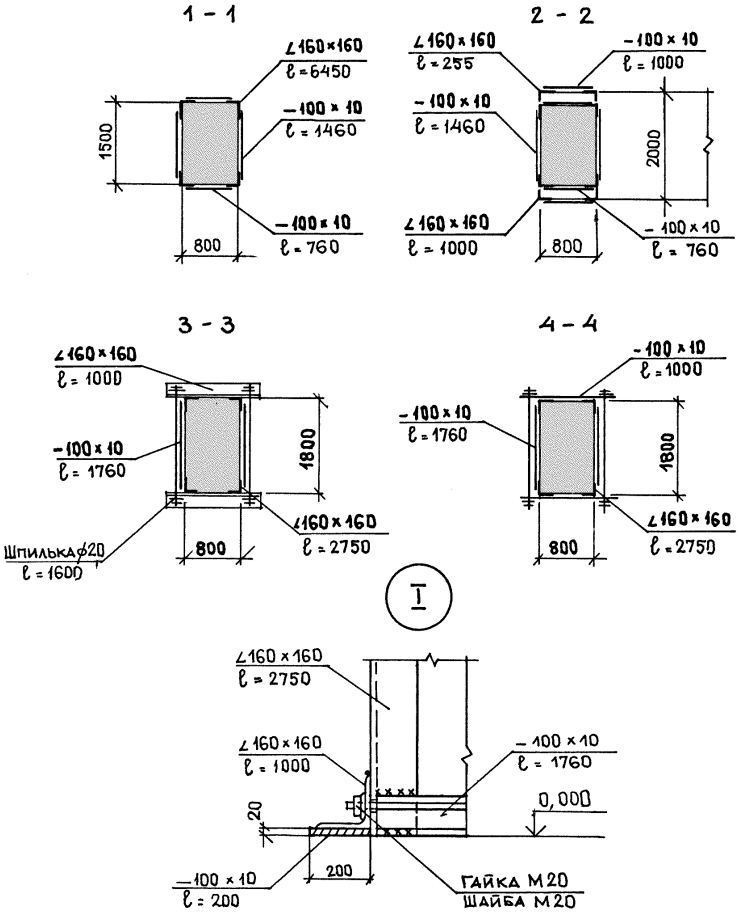


Рис. 48 Усиление фундаментной опоры рамного типа под вращающуюся печь. Разрезы. Узел I (см. стр. 125,126)

Волгоградский алюминиевый завод.

РАЗДЕЛ IУ

Рекомендации по усилению дефектных фундаментов с применением железобетона.

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Типы усилений, их особенности, требования к усилениям

Железобетонные усиления можно условно разделить по конструктивным решениям на три типа:

А. Железобетонные обоймы по внешнему контуру фундамента.

Б. Железобетонные обоймы по внутреннему контуру фундамента.

В. Железобетонные усиления в виде набетонок.

А. Железобетонные обоймы по внешнему контуру фундамента

I) Внешние железобетонные обоймы являются основным типом усилений.

Отличительное характерное свойство таких обойм - охватывание по наружному периметру всей усиляемой конструкции.

Внешние замкнутые обоймы являются наиболее эффективным способом усиления.

2) Внешняя замкнутая железобетонная обойма выполняет функции усиления только в том случае, если она создает обжатие дефектной конструкции. В этом случае сама обойма является внутренне растянутой конструкцией. Обойма должна быть запроектирована с таким расчётом, чтобы растягивающие напряжения воспринимались установленной в ней арматурой.

3) В результате усадки бетона, при его твердении, в конструкции внешней обоймы возникают растягивающие напряжения, что создает обжатие фундаментов.

Некоторое дополнительное обжатие возможно получить посредством укладки при бетонировании подогретого бетона - его тем-

пература должна превышать температуру нормальной эксплуатации фундамента.

4) Основным требованием к производству работ по возведению внешней железобетонной обоймы является обеспечение ее монолитности. Монолитность обоймы обеспечивается одновременным бетонированием всего поперечного сечения обоймы. Бетонирование должно производиться горизонтальными слоями толщиною не менее 200 мм. Необходимый объем бетона на каждый слой должен доставляться и укладываться одновременно, без каких-либо перерывов.

5) Швы бетонирования горизонтальных слоев при устройстве внешней железобетонной обоймы не должны совпадать с местами расположения трещин в реконструируемых фундаментах.

Б. Железобетонные обоймы по внутреннему контуру фундамента

I) Под обоймами подобного типа подразумеваются монолитные конструкции, расположенные в замкнутых помещениях внутренних контурах фундаментов: статорных ям компрессоров и других машин, подшаботных ям кузнечных молотов, приямках под оборудования ударных стендов и т.п.

2) Связь между дефектным фундаментом и железобетонной обоймой может осуществляться либо за счёт использования в обойме бетона, замешанного на составах с использованием расширяющихся добавок, либо соединения, основанные на сцеплении нового и старого бетона.

В. Железобетонные усиления в виде набетонок

I) Железобетонные усиления в виде набетонок применяются в тех случаях, когда устройство замкнутых обойм невозможно

вследствие сложной конфигурации усиляемых конструкции или расположения оборудования (коммуникаций), а также при устройстве усилений посредством заполнения выемок, углубления между контрофорсами, заполнений пространства между смежными стенами фундамента или колоннами.

2) Для увеличения связи нового бетона со старым применяются специальные способы увеличения сцепления (насечка, устройство штраб, соединение арматуры фундамента и усиления, установка выпусков в усиляемой конструкции, склеивание бетона).

I.2. Способы увеличения величины связи между старым и укладываемым бетоном

Все типы железобетонных усилений выполняют свои функции только при наличии связи между бетоном усиляемого фундамента и вновь уложенным бетоном. Для выполнения этого условия поверхность старого бетона перед устройством усиления обработать одним из описанных ниже способов.

I) Наиболее простым способом увеличения сцепления является нанесение насечки на бетон старого фундамента.

При насечке снимаются вся набетонка, подливка, пропитанный маслом и слабый бетон, а по гладкой поверхности наносятся выщерблены глубиной 5-I0 мм, размером не менее 3-5 см. Общая площадь насечек при ровной и чистой поверхности бетона должна составлять I0-30% всей поверхности. При насечка не ставится цель - обнажения арматуры фундамента.

После работ по насечке фундамент необходимо промыть водой под давлением, а в местах, где бетон был промаслен - горячей водой или паром под давлением.

2) Устройство штраб или шпонок является эффективным при расположении их в направлении поперечном сдвигающим силам.

Примером такого типа усиления может быть замена разрушившейся верхней части фундамента машин с его горизонтальной силой (горизонтальный поршневой компрессор, испытательный горизонтальный ударный стенд).

В конструкциях, имеющих поверхностное армирование в виде арматурной сетки, штраба должна иметь глубину на 50 мм большей чем заложение арматуры. При длинных штрабах арматура ремонтируемого фундамента, параллельная оси штрабы оказывается не связанной со старым бетоном и общая прочность стыка уменьшается. Поэтому при небольших размерах сторон усиляемой конструкции (1-2 м) вместо сплошной штрабы рекомендуется устраивать ее по двум из четырех сторон или в виде пунктирной линии - как отдельными шпонками.

В нижних плитах, имеющих лишь выпуски, размер штраб (приямков) должен быть таким, чтобы в него было возможно вставить новую арматуру, т.е. создать армированную шпонку.

3) Эффективным, надежным способом соединения старого и нового бетона является сварка арматуры фундамента и усиления. В разбираемой (откровшейся) части бетон разбирают с сохранением арматуры на длину 20-30 диаметров выше линии разборки. Арматуру новой части в таком случае не обязательно сваривать со старой арматурой.

В том случае, если арматура разбираемой части фундамента расположена только по периметру сечения или отсутствует вообще, в соединяемом сечении устанавливается дополнительная арматура в виде выпусков из старого бетона. В бетонном массиве высверливаются шпуры диаметром 20-30 мм на глубину 300-400 мм и в них закрепляются на цементном растворе или эпоксидном клее стержни из арматурной стали диаметром 16-24 мм,

выходящие выше шва соединения на 300-400 мм.

4) Эффективным, но мало используемым способом надежного соединения старого и нового бетона является склеивание фуроловыми клеями. При этом способе на старый бетон, очищенный от грязи и масел наносится слой клея, поверх которого укладывается новый бетон усиления. Указанный вариант целесообразен для фундаментов большей протяженности, в случаях, когда снимаемый слой ремонтируемого фундамента представляет собою неармированную набетонку.

Рекомендуемый состав клея (в весовых частях):

Наименование составляющих	Название компонента	Составляющие весовые части компонента
Полимер	Акрил-порошок АСТ-Т[X]	100
Отвердитель	Акрил-жидкость АСТ-Т[XX]	100
Наполнитель	Песок кварцевый 0.14-0.32 мм	150-300

X) суспензионный полимер на основе метилметакрилата (полиметилметакрилат) с добавлением 1% бензоила.

XX) метиловый эфир метакриловой кислоты (мономер) метилметакрилата с 3% диметиланилина.

5) Инъецирование шва бетонирования выполняется посредством нагнетания в него цементного раствора или клеевого состава.

Перед бетонированием обоймы (набетонки) в нее устанавливаются штуцеры.

Штуцеры необходимо приварить к арматуре обоймы, а внутренний торец штуцера должен плотно примыкать к старому бетону для того, чтобы при бетонировании укладываемый бетон не закупорил внутреннюю полость шпуров.

Рекомендуемый шаг штуцеров - не менее 3 шт. на 1 кв.м.

Инъецирование швов рекомендуется при набетонках внутри замкнутых пространств (заполнение ям, приямков, штраб, сквозных отверстий), и в тех случаях, когда новый бетон примыкает поверху к потолочным поверхностям старого фундамента. Во всех перечисленных случаях при укладке свежего бетона вследствие его усадки могут возникнуть трещины между соединяемыми конструкциями, при потолочном шве достичь соединения старого и нового бетона невозможно иначе, чем инъецированием.

I.3. Указания по расчёту и конструированию железобетонных усилений

Повреждение фундаментов под машины, связанное с образованием трещин, приводит к тому, что части размещенных на них машин получают различные деформации, не предусмотренные при их проектировании, и поэтому выходят из строя.

Склеивание фундамента эффективно только тогда, когда трещины единичны и прочность бетона в берегах трещин и всего массива практически одинакова.

Если бетон слабый, т.е. изготовлен с нарушением технологических строительных норм, а также разрушен в процессе эксплуатации (например, маслом или кислотами), то наиболее действенным способом усиления является устройство железобетонных обойм, охватывающих весь фундамент или его отколовшиеся части. Вследствие усадки бетона по периметру обоймы происходит обжатие поврежденных частей фундамента. Эффективность напряженных обойм достигается не только путем простого увеличения сечения и передачи нагрузок со старой части фундамента на новые, но, в основном, благодаря соединению расколовшихся частей в единое

целое и включению их снова в работу. Обжатие обеспечивает также надежное соединение старого бетона фундамента и нового бетона усиления в конструкцию, работающую как единое целое. Поэтому необходимо при проектировании предусмотреть увеличение усадки твердения бетона и мероприятия против образования усадочных трещин, и при производстве работ обеспечить необходимое обжатие.

Увеличение усадки твердения бетона можно обеспечить либо сохраняя водоцементное отношение постоянным, но повышая пластичность смеси, т.е. увеличивая расход цемента по сравнению с расчётным, либо, не изменяя расхода цемента, максимально повысить водоцементное отношение. Но в этом случае прочность бетона уменьшается, что требует использования цемента высоких марок. Для увеличения усадки твердения бетона следует применять быстродействующие цементы и пуццолановый портландцемент, а также вводить в состав гидравлические добавки и ускорителя твердения в количествах, рекомендуемых для их основного назначения. Способствует этому и заполнитель из известняка и плотного песчаника: при медленном их водонасыщении в процессе твердения бетона происходит практическое понижение водоцементного отношения, т.е. увеличение прочности бетона.

Усадку твердения бетона в зависимости от содержания цемента и воды можно рассчитать по различным весьма приближенным эмпирическим формулам, помещенным, например, в работе "Ползучесть и усадка бетона и железобетонный конструкций"НИИЖБ, М, Стройиздат, 1976, влияние же остальных компонентов можно определить только экспериментально.

Обоймы, являющиеся элементами, аналогичными рамным фунда-

ментам машин должны армироваться согласно СНиП 2.02.05-87 "Фундаменты машин с динамическими нагрузками" рабочими стержнями диаметром 12-20 мм из стали класса АП, расположенными через 150-200 мм, а также хомутами по общим правилам из арматуры периодического профиля.

Такое армирование уже само по себе может воспринять усадочные напряжения бетона при длине стороны обоймы 5-6 м. При большей ее длине армирование должно быть проверено расчётом по формулам температурного расширения. Поскольку усадка твердения бетона составляет 0.3-0.6 мм/м, а температурные деформации примерно 0.01 мм/град, то для обычного бетона расчёт можно ориентировочно вести на изменение температуры 50°С, а при специальных мерах по увеличению усадки - на 100°С.

Изменение объема бетона может происходить также вследствие изменения его влажности, поэтому в момент бетонирования старый фундамент должен быть не насыщен водой.

Обжатие происходит только в том случае, если твердение всего бетона обоймы происходит по периметру одновременно. Рабочие швы бетонирования по длине обоймы не допускаются. При невозможности провести бетонирование в короткий срок, бетон укладывают по всему периметру обоймы на часть ее толщины, т.е. устраивается горизонтальный шов бетонирования.

Состав расширяющегося бетона, использованный для усиления стоек фундамента вращающейся печи:

- портландцемент марки 500 - 515 кг/м^3
- кварцевый песок крупностью не более 5 мм -1545 кг/см3
- водоцементное отношение - 0.45-0.55
- химические добавки

сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$ - 10 кг/ м3
нитрат натрия $NaNO_3$ - 10 кг/м3

АОЗТ "КЛАБ" представляет переставную алюминиевую опалубку, которая используется при возведении сооружений из монолитного железобетона. Адрес: Санкт-Петербург, 191040, Лиговский проспект, д 56. тел. 164-67-01; факс 164-67-39. Алюминиевая опалубка отличается высокой прочностью при небольшом весе, долгосрочностью, легкостью и быстротой монтажа (норма сборки 3–4 м2 в час на одного рабочего), высокой степенью взаимозаменяемости. Эти качества позволяют снизить затраты труда на 40 – 50 процентов, капиталовложений на 30 – 40 процентов в сравнении с традиционными методами с строительстве.

Вертикальные стеновые конструкции можно выполнять теоритически любой длины, высоты и толщины, прямые и закругленные; пересечения, примыкания и угловые соединения. Для этого используются опалубочные щиты.

Горизонтальные конструкции выполняются с помощью рам и столов.

Система опалубки на основе рам отличает значительная гибкость в выполнении уникальных планировочных решений зданий и сооружений. Система дает возможность выполнять планировочные ячейки из монолитного железобетона, закрытые со всех сторон.

Большая скорость строительства достигается при использовании плавающих столов. Система стола перемещается с легкостью обычным краном и не изменяется в процессе работы на одном объекте.

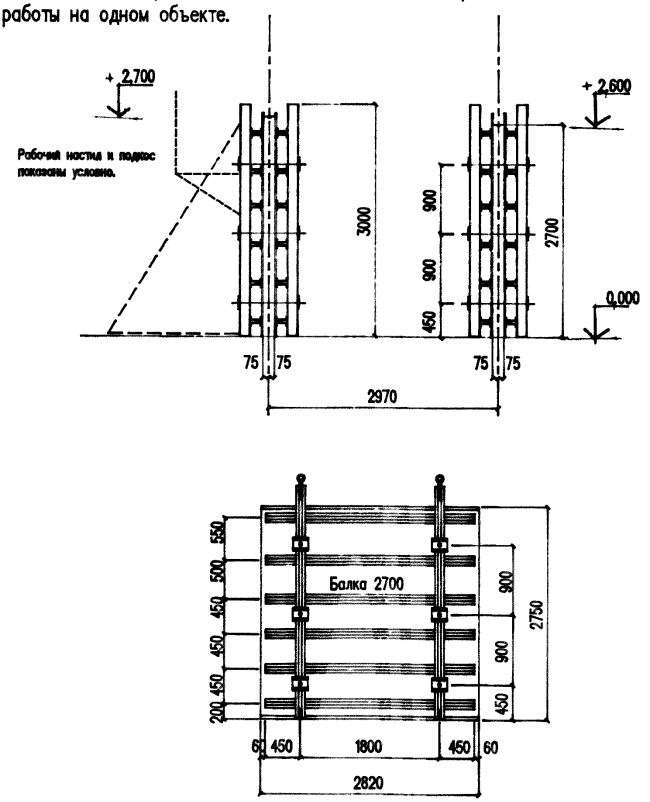
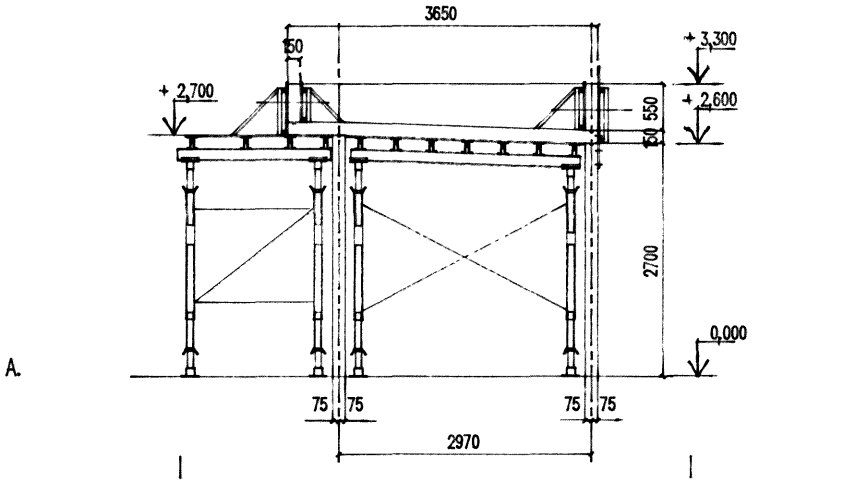
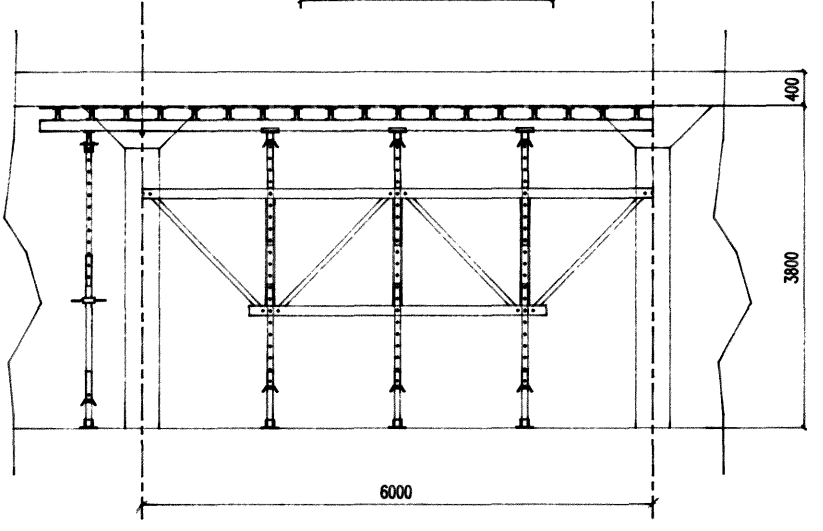


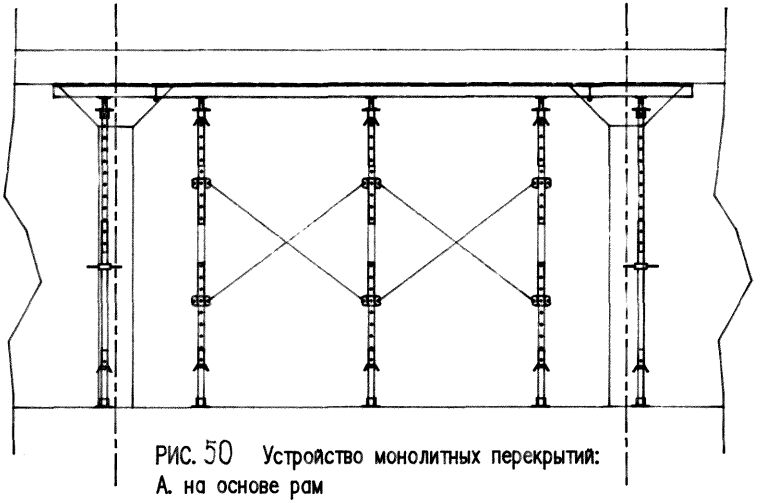
РИС. 49 Устройство монолитных стен при помощи щитов.



А.



Б.



В.

РИС. 50 Устройство монолитных перекрытий:
А. на основе рам
Б., В. с помощью плавающего стола.

Для качественного выполнения ремонтных работ, сокращение сроков реконструкции, рекомендуется использовать, например, инвентарную опалубку, разработанную фирмой "Клаб" в г.С.-Петербурге (рис.I,2).

Опалубка использовалась при реконструкции обычных фундаментов и фундаментов компрессоров холодильных установок.
В опалубке используются щиты и столы. Щиты состоят из балок, элементов крепления и ламинированной (водонепроницаемой) фанеры толщиною I8-20 мм. Столы - рамные конструкции, соединяющие поперечными связями щиты при сложной конфигурации фундаментов и в труднодоступных местах.

2. ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ УСИЛЕНИЙ

Характерные способы железобетонных усилений рассмотрены на конкретных примерах из практики ЛО ГПИ "Фундаментпроект" и технической литературы.

2.I. Железобетонные обоймы по внешнему и внутреннему контуру фундаментов.

а) Усиление фундамента двухрядного компрессора марки 2ШК-I420 на Рустявком химическом комбинате, развивающего горизонтальную силу около 80.0 тс при частоте I25 об/мин было осуществлено по внешнему и внутреннему контуру фундамента, так как стены железобетонного фундамента (рис.6) вокруг статорной ямы имели многочисленные трещины. Двухсторонняя железобетонная обойма армировалась четырьмя рядами сеток каждая. Все восемь рядов сеток соединялись между собой стержнями из арматуры диаметром 24 мм класса АП, пропущенными через отверстия в стенах фундаментов с шагом 500 мм. В обоймы были заложены трубки, через которые в швы между старым и новым бетоном на-

гнеталоя под давлением 30 атм. цементный раствор. После усиления фундамент непрерывно эксплуатировался в течение 10 лет до демонтажа ввиду изменения технологии.

Другой пример усиления двухрядного компрессора марки 2ШЛК-1420, установленного на Березниковском АТЗ приведен на рис.51. Вокруг всего фундамента была сделана сплошная железобетонная обойма. Защитный слой бетона был сбит и к старой арматуре была приварена дополнительная арматура диаметром 20мм. Обойма имела уширение к нижней плите и штрабы в ней.

б) Схема усиления обоймами нижней плиты и стоек железобетонного фундамента вертикального компрессора Стерлитамакского завода приведена на рис.52.

Вертикальная неуравновешенная сила компрессора 6,5 тс имеет частоту 300 об/мин.

Все армирование осуществлялось стержнями из стали класса АП с шагом 250 мм. Нижняя обойма (равная по высоте толщине плиты 1.2 м) армировалась стержнями диаметром 20 мм, расположенными по контуру ее поперечного сечения и поперечными хомутами.диаметром 10 мм. Верхняя обойма охватывала стойку на всю высоту (4.6 м) и армировалась вертикальными стержнями и замкнутыми двойными хомутами (внутри обоймы и снаружи) диаметром 16 мм, так как в этом случае выделить "рабочее" направление затруднительно. Все узлы обоймы армировались по типу рамных узлов. С поверхности была нанесена насечка, пропитанный маслом бетон полностью удалялся, но преднамеренное снятие защитного слоя и обнажение арматуры не осуществлялось.

Бетонирование велось обычным бетоном класса В22.5.

в) Если трещинами охвачен фундамент большого размера, то соединить их обоймой без специальных мер не удается.

на рис.53 приведен эксплуатирующийся в течение нескольких лет усиленный обоймами железобетонный фундамент под две дробилки каскадного расположения Мизурской обогатительной фабрики.

Горизонтальные силы верхней дробилки составляют 3.5 тс, нижней 8.1 тс, частоты 252 и 224 об/мин. Фундамент имел малую прочность бетона (кубиковая прочность бетона в натуре изменялась от 44 до 112 кг/см2, при проектной 150 кг/см2).

При эксплуатации дробилок на фундаменте образовалось шесть рядов горизонтальных трещин по швам бетонирования.
Было решено сначала для повышения прочности бетона провести инъектирование фундаментов цементным раствором, а затем усилить его железобетонной обоймой.

В стенах фундамента было пробурено 460 шпуров диаметром 42 мм на глубину 500 мм.
В них на растворе из быстротвердеющего цемента класса В40 (марки М500) устанавливались трубки для подачи нагнетаемого раствора.
Нагнетание производилось грязевым насосом.
При включенном насосе давление постепенно поднималось до 25 атм. и некоторое время оставалось постоянным, а затем,по-видимому, после заполнения всех пустот в бетоне, резко возрастало до 40 атм. Всего было инъектировано 1200 л цементного раствора, заменяемого на глиноземистом цементе класса В45 (марки М600) с периодом схватывания 2 ч. водоцементное отложение которого составляло 2,5.
После инъектирования была забетонирована обойма. Армирование обоймы выполнено двумя рядами сеток из арматуры диаметром 20мм класса АП с шагом 200 мм.

Обойма крепилась к фундаменту путем приварки ее арматуры к инъекционным трубкам. На старый бетон была нанесена насечка, в местах с низкой прочностью бетон обивался, а обнаженная арматура сваривалась со стержнями обоймы.

Инструментальное обследование, проведенное через год после реконструкции показало, что фундамент является монолитным - его эксплуатация продолжается до настоящего времени.

г) Усиление фундаментов приводных опор грануляторов ионавского ПО "Азот" производилось посредством замены верхних отколовшихся частей и увеличением размеров фундаментов (рис.54).

На фундаментах, имеющих горизонтальную трещину в верхней части была произведена разборка отколовшегося массива на глубину 50-100 мм ниже трещины с сохранением арматуры боковых вертикальных сеток и фундаментных болтов.

Для выполнения обоймы вокруг фундамента был отрыт котлован глубиною 0.5-0.8 м, шириной 2.0 м со стороны оси гранулятора и 1.5 м по остальным сторонам. По периметру боковой поверхности фундамента в пределах обоймы на глубину 10-30 мм была сделана насечка.

В центральной части пробита круговая штраба глубиной 200 мм, шириной 400-500 мм.

Промасленный бетон был удален, оставшийся - промыт водой под давлением, фундаментные болты очищены от грязи и масла. По всей верхней и боковой поверхности фундамента были просверлены отверстия диаметром 40-50 мм на глубину 500 мм, от краев фундамента - не менее 300 мм.

По горизонтальной поверхности - в шахматном порядке с шагом 600 мм, по боковым - 175 мм от грани обоймы под углом 60-70°. Шпуры промыты под давлением и просушены сжатым воздухом. В

отверстия установлены выпуски из арматуры класса АШ диаметром 28 мм длиной 1100 мм по боковым граням и 1800 мм по верхней грани и заделаны эпоксидным клеем с добавкой расширяющегося цемента класса В22.5

По периметру обоймы и верхней новой части устанавливалась арматура класса АП диаметром 20 мм, шагом 250 мм: в первом случае в виде двух вертикальных сеток (вплотную к старому фундаменту и по периметру обоймы) и двух горизонтальных сеток, нижней и верхней, в другом – двух горизонтальных сеток и дополнительными стержнями по периметру. Арматура была приварена к новым выпускам и существующим стержням.

Бетонирование выполнялось бетоном класса В15: для обоймы горизонтальными замкнутыми слоями толщиной не менее 300 мм с тщательным уплотнением вибратором, верхней части – без перерыва с обеспечением габаритных размеров.

д) Устройство железобетонной обоймы усиления фундамента вентилятора Невинномысского ПО "Азот" было разработано на основании результатов инструментального обследования, позволившего определить существование сквозной горизонтальной трещины в существующей фундаментной конструкции, отрицательно влияющей на работу самого агрегата.

Фундамент представлял собой железобетонный массив, с размерами в плане 1.8х0.75 м, с отметками верха 1.85 м и подошвы – 2.20м. Трещина обнаружена на отметке 0.000 м.

Проект усиления (рис.55), кроме железобетонной обоймы в месте прохождения трещины, включал и перезаливку рамы электродвигателя и усиление ее крепления к фундаменту. Для соединения арматуры старого и нового бетона были пробиты штрабы 100х100мм, глубиной 50 мм, шагом 500 мм и приварены стержни ∅ 8 АШ. Усиле-

ние армировано по контуру стержнями ∅ I2АП. Бетонирование обоймы производилось пластичным бетоном класса В22.5 с использованием заполнителя из щебня изверженных пород без перерывов горизонтальными сваями по 200 мм и уплотнением вибратором.

е) На Волховском алюминиевом заводе произошло аварийное смещение верхней части опоры вращающейся печи относительно нижней в направлении перпендикулярном оси вращения, составившее ~ 200 мм. Смещение произошло в том месте, где стены переходят в арку, которая при строительстве была армирована только по контуру. Во время проведения работ по выставлению арматуры арки было, по всей видимости, приостановлено бетонирование стен и образовался фактически шов бетонирования, выполненный без применения выпусков арматуры. По ослабленному сечению и произошло смещение опоры, явившееся результатом действия сил в направлении перпендикулярном оси вращения печи. После того,как была вскрыта нижняя плита фундаментной опоры обнаружилось существование трещины вдоль оси вращения печи. Ширина раскрытия трещины составила от I5 до 30 мм. В поперечном направлении также обнаружена трещина, в результате чего нижняя плита оказалась расколота на четыре части. Проект заключения (рис.56) - железобетонная обойма, охватывающая опору до высоты 6.2 м от уровня верхней грани нижней плиты фундамента. Конструкция усиления состоит из внутреннего и наружного арматурного каркаса ∅ 20АШ, связанного между собой хомутами из арматуры 6АШ с шагом 300 мм. Существующий фундамент обрамлялся уголками I60хI60хI0, заведенными за нижнюю плиту фундамента и связанными между собой по низу и верху. Бетон, из которого выполнено усиление, класса ВI5 (М200). После проведения ремонтных работ по усилению фундаментной опоры печь была

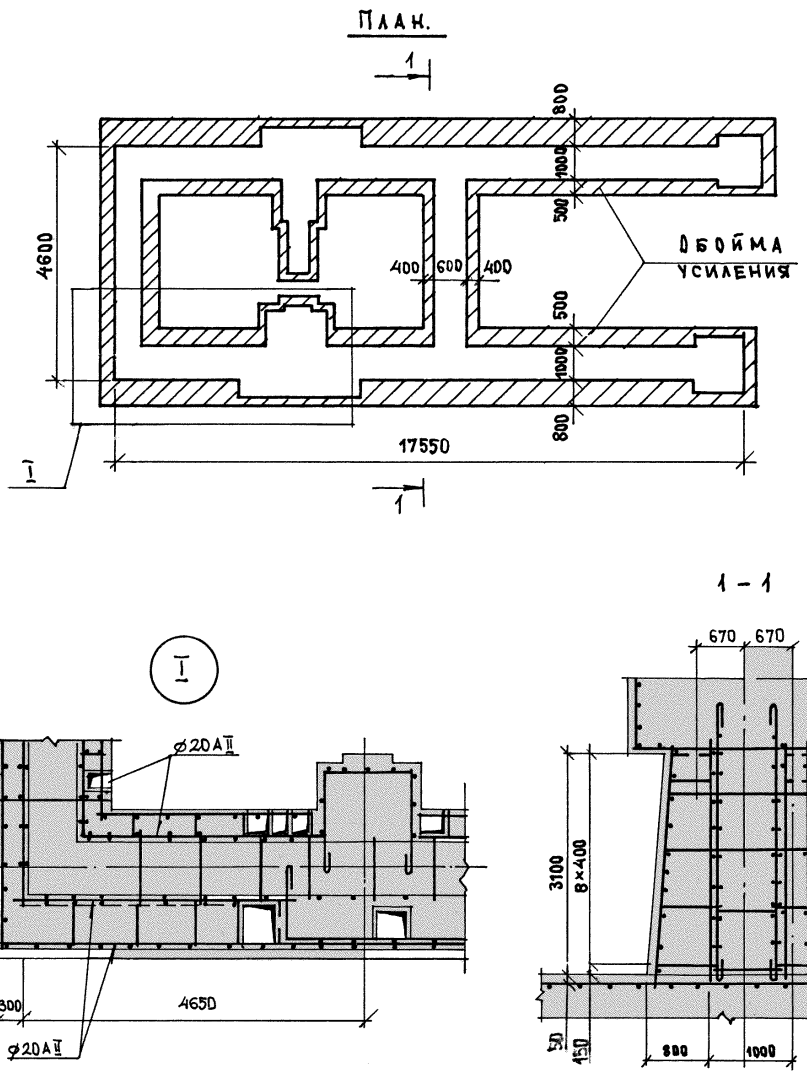


Рис. 51 Усиление фундамента компрессора марки 2ШАК-1420 железобетонной обоймой.

Березниковский АТЗ.

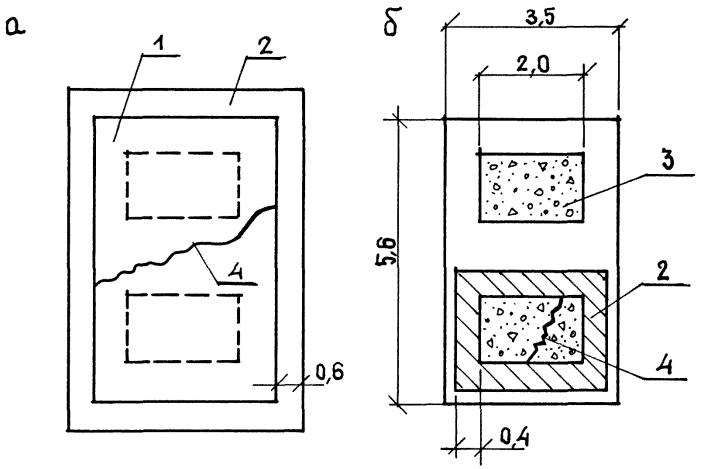


Рис. 52 Усиление железобетонной обоймой фундамента вертикального компрессора: а- нижней плиты, б- стены надземной части; 1-нижняя плита, 2-обойма, 3-стенка, 4-трещины.

Стерлитамакский завод

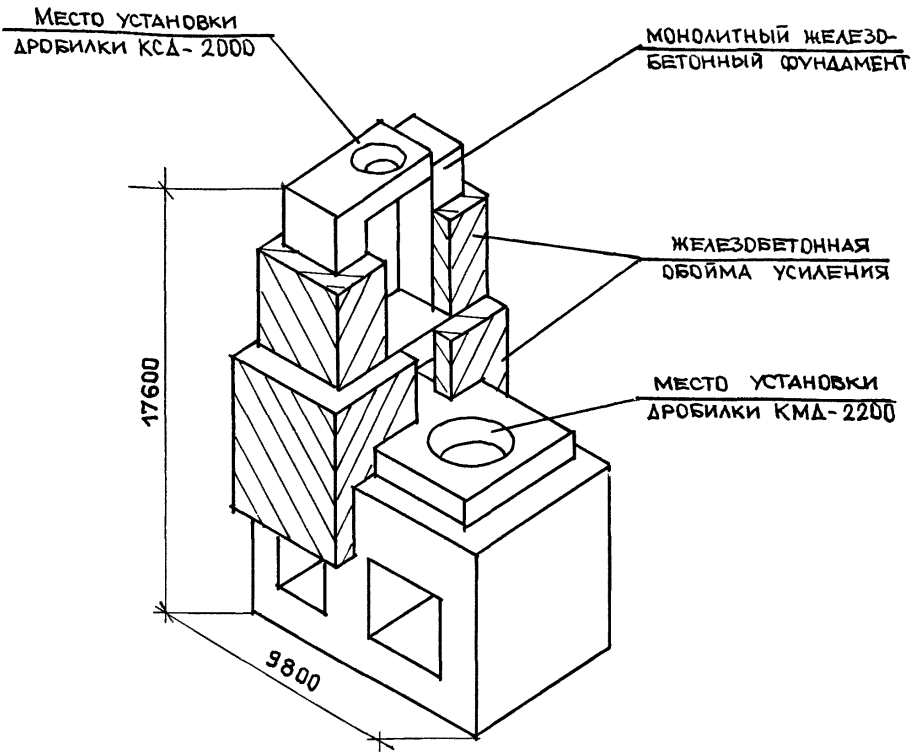
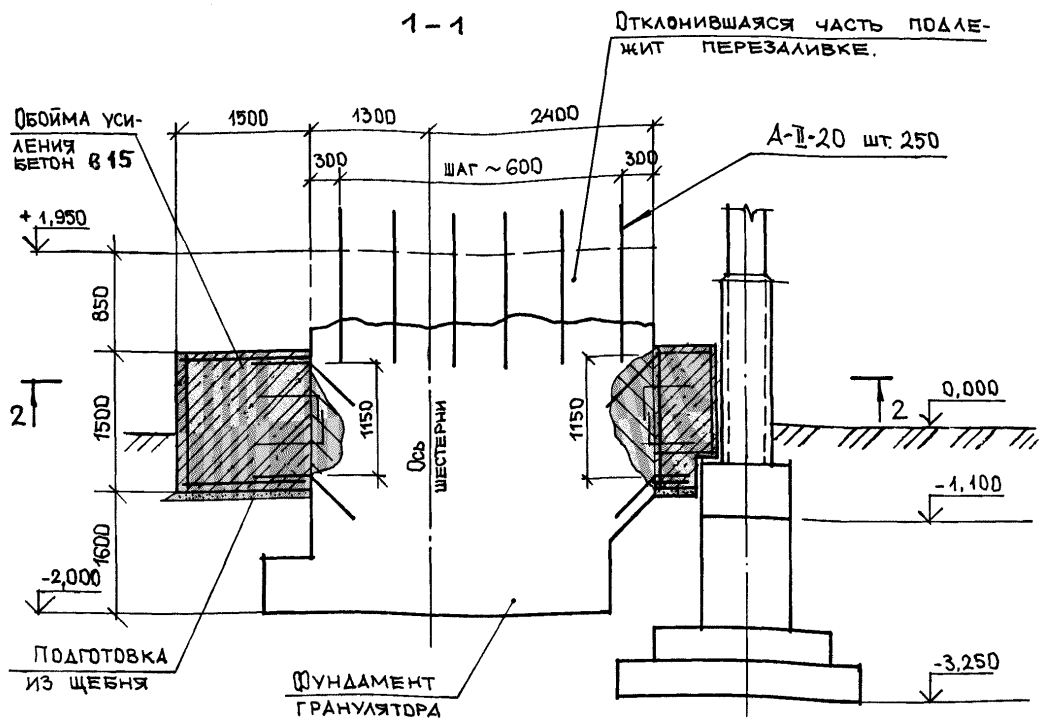
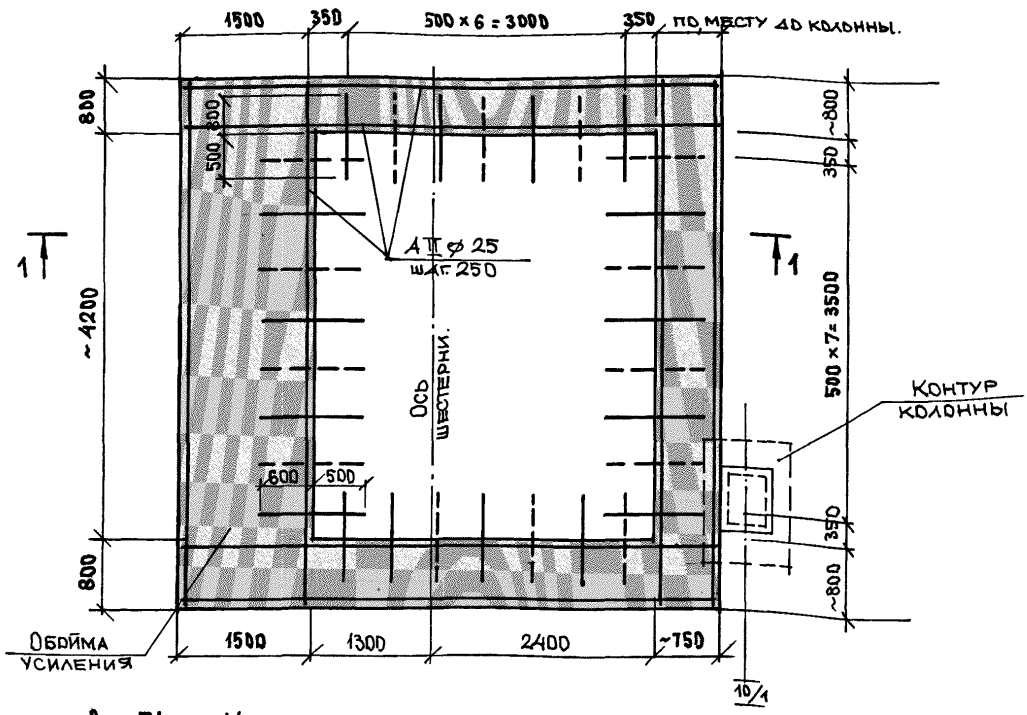


Рис. 53 Усиление железобетонной обоймой фундамента с массивной верхней частью подвального типа под две конусные дробилки.

Мизурский горнообогатительный комбинат.

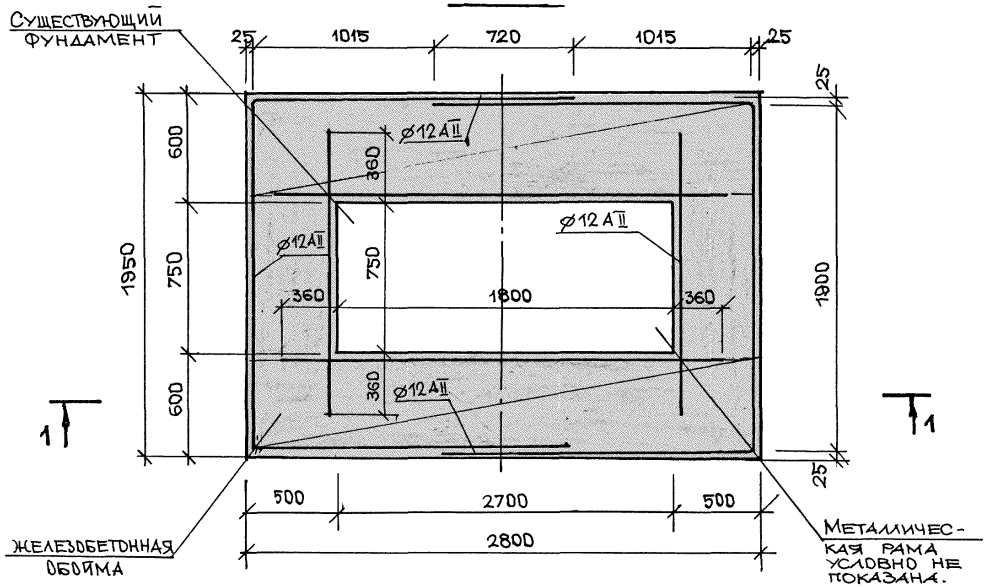




10/1

Рис. 54 Усиление фундамента гранулятора СГК-4,5-17 железобетонной обоймой. Ивановское ПО „Азот".

План



1 – 1

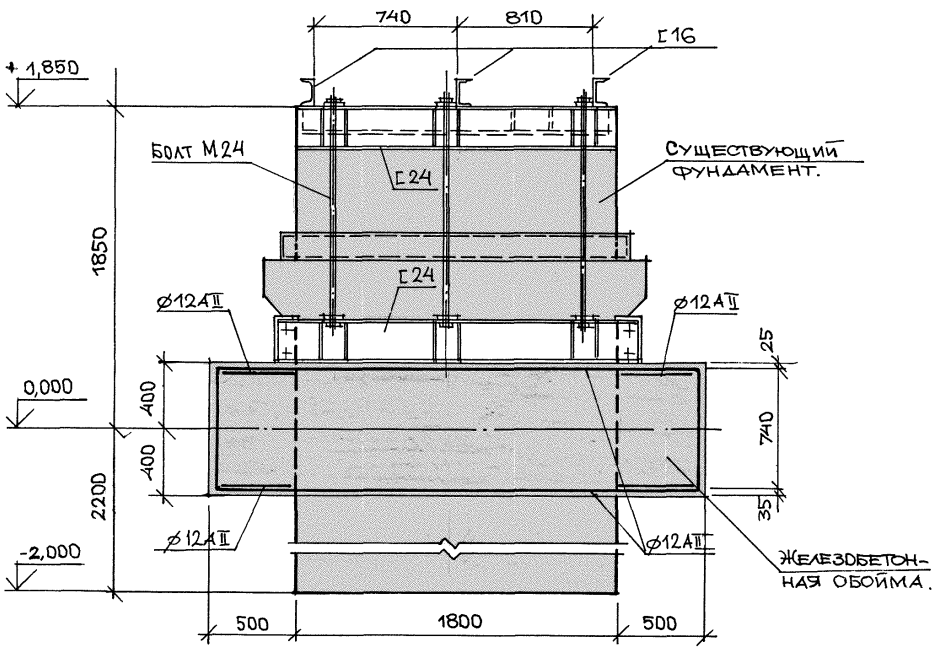
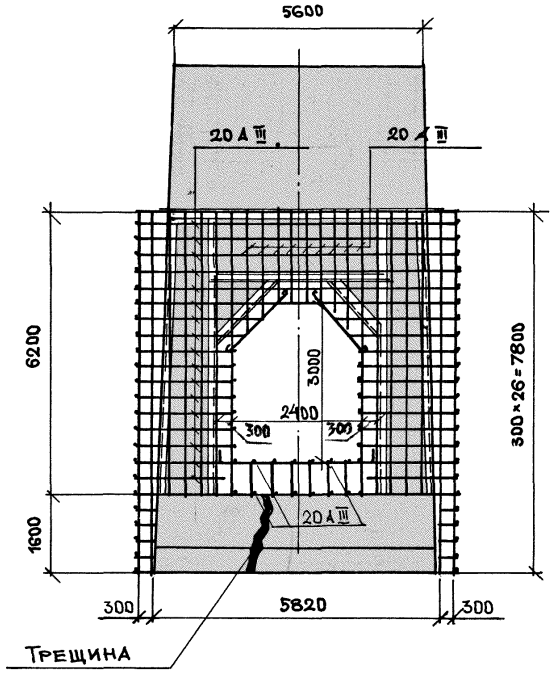


Рис.55 Усиление железобетонной обоймой фундамента под вентилятор.

г. Невинномысск, ПО „Азот"



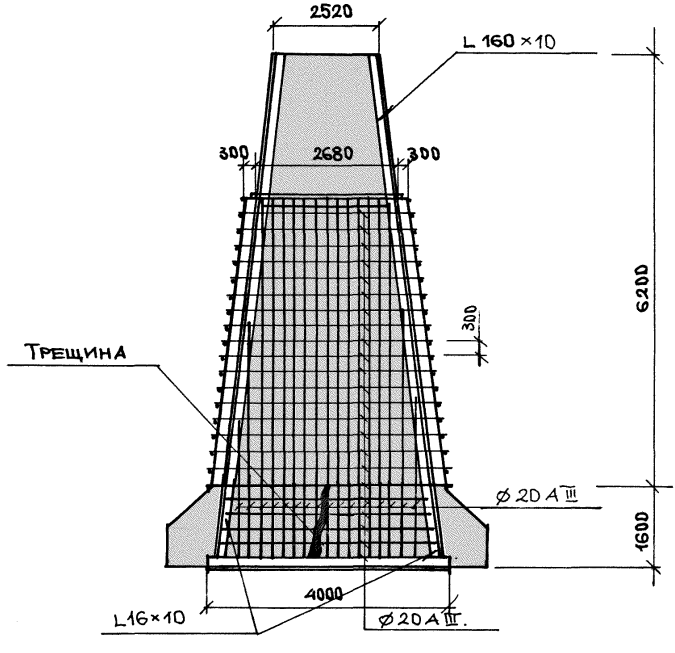
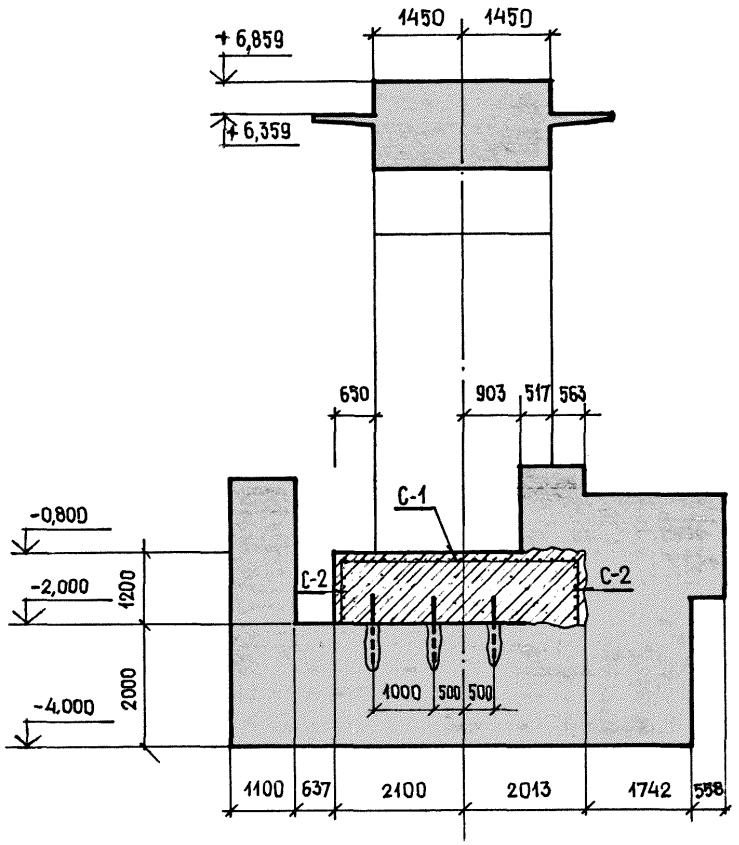


Рис. 56 Усиление фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой.
Волховский алюминиевый завод.

1 – 1



План.

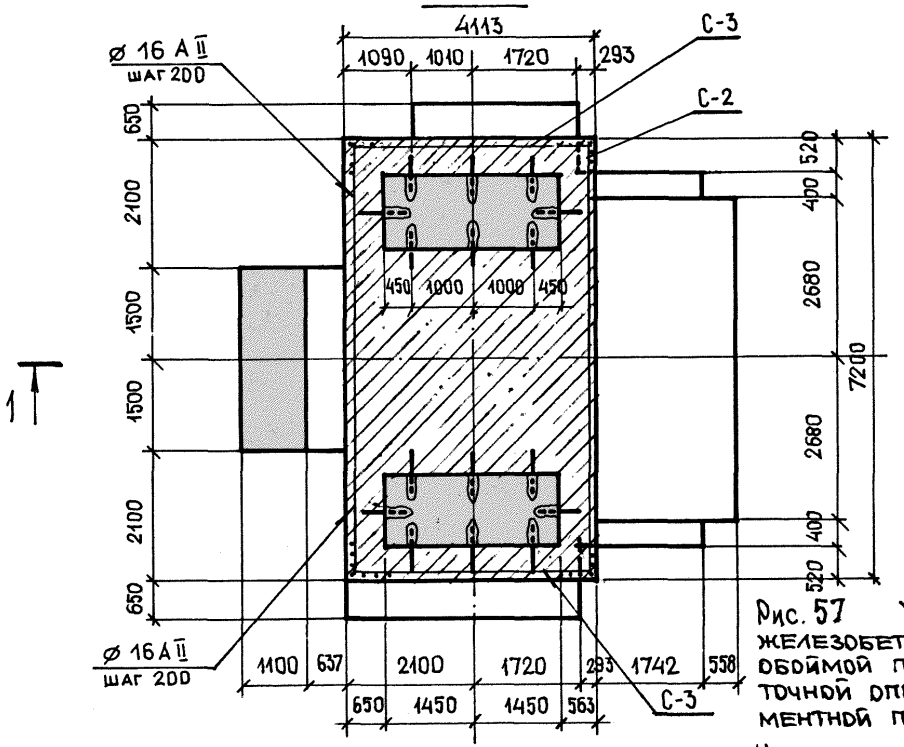
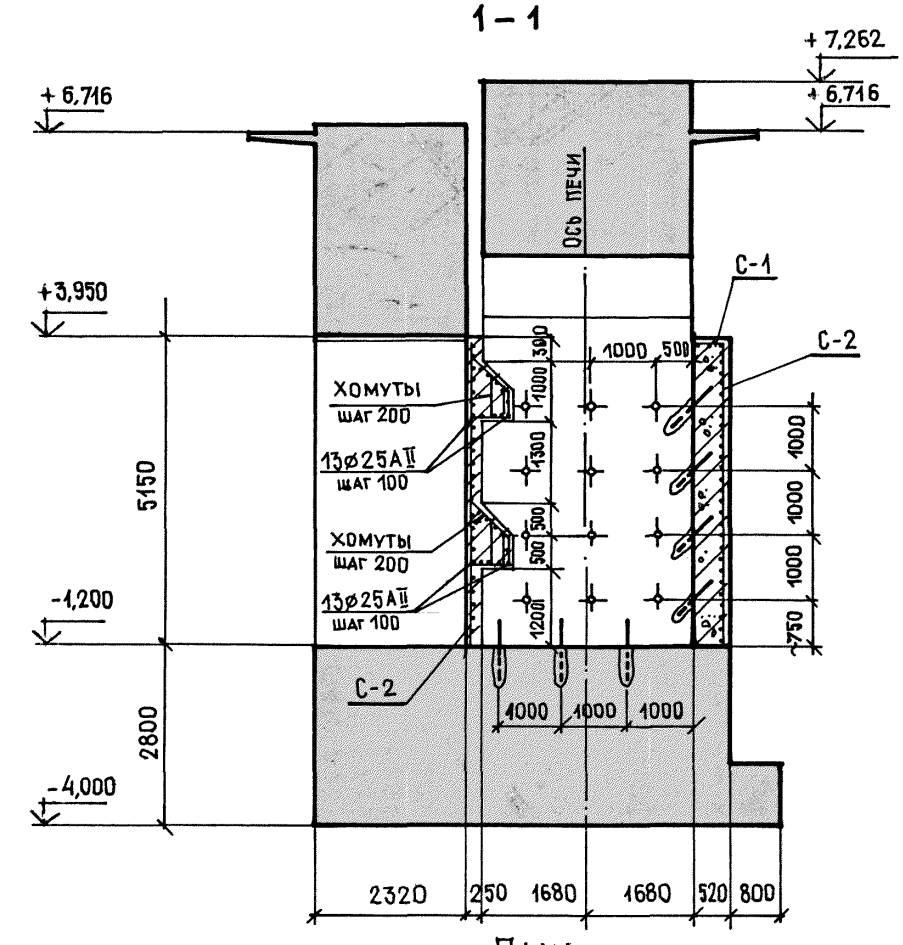


Рис. 57 Усиление железобетонной обоймой промежуточной опоры цементной печи.

Челябинский металлургический завод.

1 – 1



План

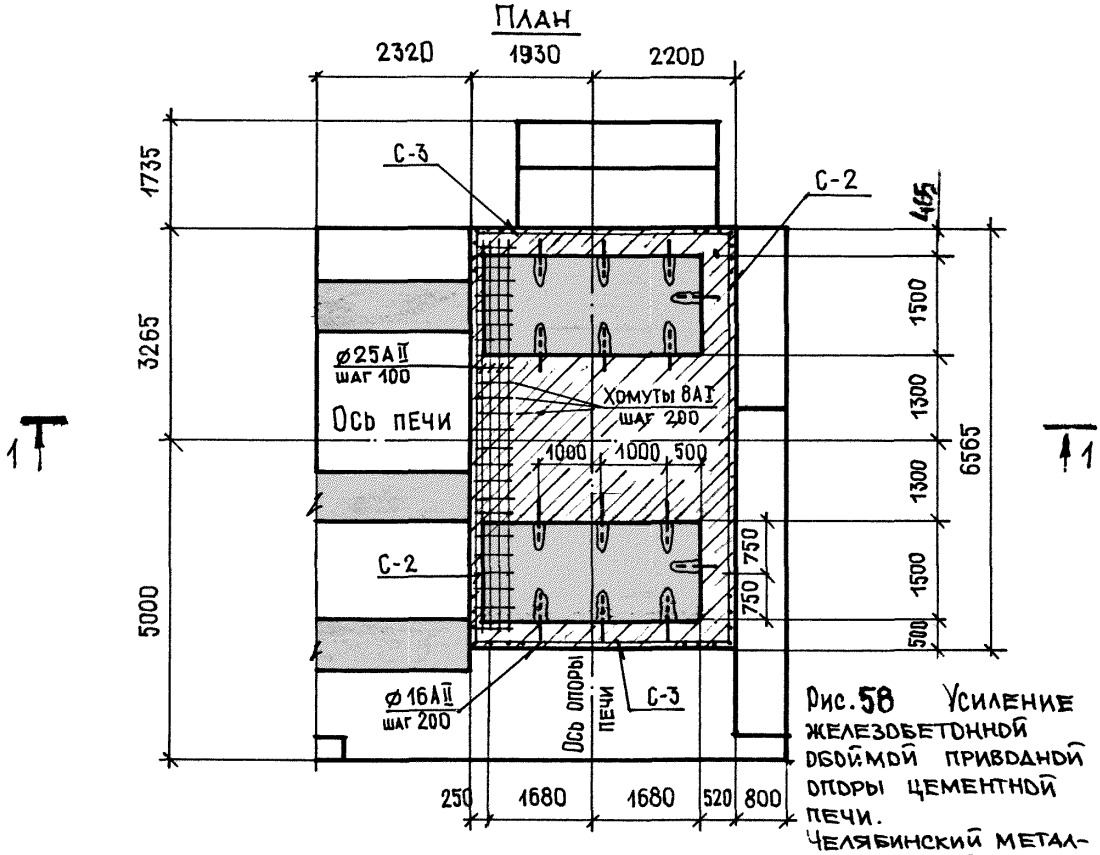


Рис. 58 Усиление железобетонной обоймой приводной опоры цементной печи. Челябинский металлургический завод.

пущена в эксплуатацию и работала без замечаний.

ж) Устройство железобетонных обойм на опорах вращающихся печей Челябинского металлургического завода проводилось для каждого конкретного случая разрушения.

Так на опоре № 2 печи № 2 усиление было сделано от отметки минус 0,800м до минус 2,000 м в месте сопряжения стены опоры с фундаментной плитой (рис.57).

На опоре № 3 печи № I обойма была выполнена от отметки минус 1,200м до отметки 3.950м, так как разрушение опоры было значительно и в верхней ее части (рис.58).

В приложении к выпуску предоставлен порядок производства выполняемых работ по усилению фундаментных опор.

2.2. Железобетонные усиления в виде набетонок.

а) В ряде случаев наблюдается откол относительно небольшой части фундамента от основного массива. Как правило, это встречается в местах передачи нагрузок от машины на фундамент: опорных тумбах, краях фундамента у анкерных болтов, постаментах, к которым крепятся части станины, подверженные деформациям.

Характерный пример такого рода сколов - трещины фундаментов оппозитных компрессоров. При теоретической уравновешенности этих машин на фундаменты через станину (опоры ползунов) передаются усилия, вызванные ее упругой деформацией крутящих моментов парных рядов и поршневых сил, которые являются причиной образования трещин.

На рис.59 приведен пример повреждения фундамента четырехрядного компрессора 4М25-425/22, эксплуатирующегося на одном из заводов г.Сумгаита, поршневая сила одного ряда которого

составляет 25.0 тс, а частота 300 об/мин.

Ремонт фундамента в таких случаях ведется в следующем порядке. Отколовшаяся часть фундамента и бетон, пропитанный маслом, разбирается с сохранением арматуры. По всей площади обнаженной поверхности фундаменты машин армируются по контуру. Предварительно в шахматном порядке с шагом 400-600 мм высверливают отверстия диаметром 25-40 мм и в них на цементном растворе или эпоксидном клее заделывают выпуски из стали класса АП диаметром 16-20 мм.

Выпуски и старую арматуру сваривают между собой с установкой дополнительной арматуры. Для восстановления применяется бетон класса не ниже первоначального. Для лучшего восприятия фундаментом сил, передающихся от машины, желательно выпуски устанавливать так, чтобы они работали не на срез, а на растяжение. При действии силы под малым углом к линии скола и невозможности провести расчёты арматуры, обычно устанавливают не менее четырех выпусков на каждую тонну динамического усилия. При действии силы вдоль плоскости скола в основном массиве фундамента бетон вырубается со штрабами (ширина шпонки по верху - не менее 0.3 м). Целесообразно при реконструкции изменить первоначальный размер отколовшейся части и ее конфигурацию так, чтобы площадь сопряжения старого и нового бетона увеличилась. Перед бетонированием фундамент должен быть промыт водой, удалена вся грязь, зачищена арматура. Бетонирование производится пластичным раствором на мелком заполнителе из щебня или гравия 10-25 мм, класс бетона В25.

б) Аналогичную конструкцию усиления должны иметь тумбы (подливки и набетонки) качающихся опор. В зависимости от конструкции фундамента и расположения трубопроводов производится

увеличение размера тумбы. Во избежание сдвига следует произвести дополнительное крепление горизонтальной опорной пластины, а если имеется возможность, то увеличить ее размеры. К нижней поверхности опорной пластины привариваются в тавр анкера ∅ 20 мм в шахматном порядке с шагом 100-150 мм (рис.60). Подливка осуществляется на цементном растворе.

в) На фундаментном железобетонном постаменте под вентилятор, установленном на эстакаде ПО "Азот" г.Невинномысск, инструментальным обследованием был зарегистрирован недопустимый сдвиг рамы электродвигателя, связанный с заменой электродвигателя и его установкой на прокладки, толщина которых значительно превысила допустимую величину (2-3 раза). Для исключения повышенных сдвигов и вибрации было принято техническое решение о добетонировании фундамента и устройстве подливки (рис.61). По граням фундамента был сбит защитный слой бетона и приварена новая арматура внахлест к существующей. Бетон добетонируемой части класса В22.5 повышенной пластичности, с заполнителем диаметром не более 25 мм. Для обеспечения связи бетона с подливкой рамы вентилятора во время бетонирования в сырой бетон установлена по всей поверхности щетина из мягкой проволоки ∅ 1.5-2.0 мм, длиной 200 мм, шагом 100мм, на глубину 100 мм. Наращивание фундаментных болтов произведено посредством втулок в виде кусков труб, одеваемых на существующие болты и в которые вставляются новые нарезные части болтов.

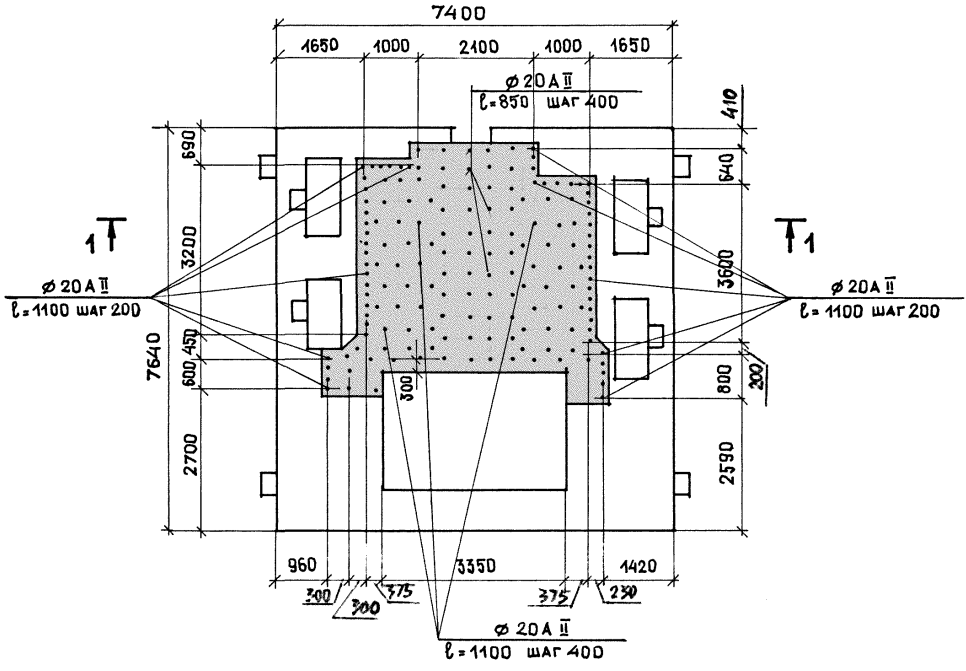
г) При обследованиях фундаментов машин с динамическими нагрузками часто наблюдается как смещение станины компрессора вместе с прилегающей к ней подливкой относительно фундамента, так и одновременно происходящей сдвиг рамы относительно подливки, что может привести к появлению трещин вблизи фундамент-

ных болтов и обрыву последних.

В качестве примера на рис.62 приведено техническое решение установки рамы поршневого ряда горизонтального компрессора 3Г-100/200, осуществленного на Львовском химзаводе.

Приведенные технические решения являются типичными и могут являться основой для разработки надежных мероприятий по обеспечению длительной эксплуатации установленных на фундаментах машин.

План анкерных штырей на отм.+4,750



1 - 1

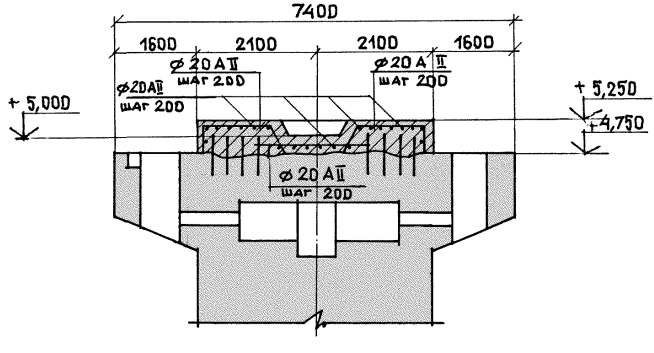


Рис. 59 Усиление фундамента компрессора 4М - 25 - 425/22

г. Сумгаит. Завод органических продуктов.

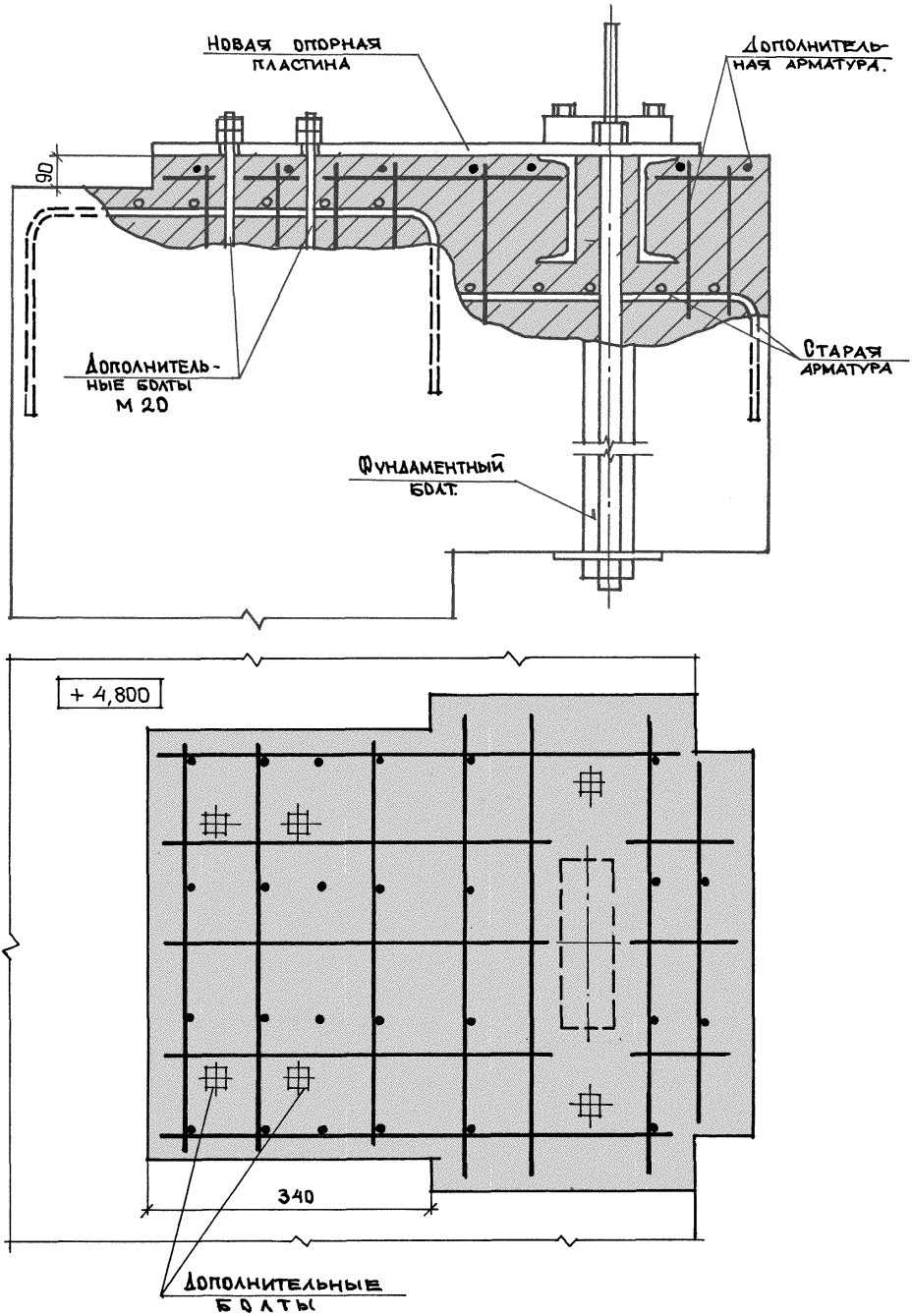
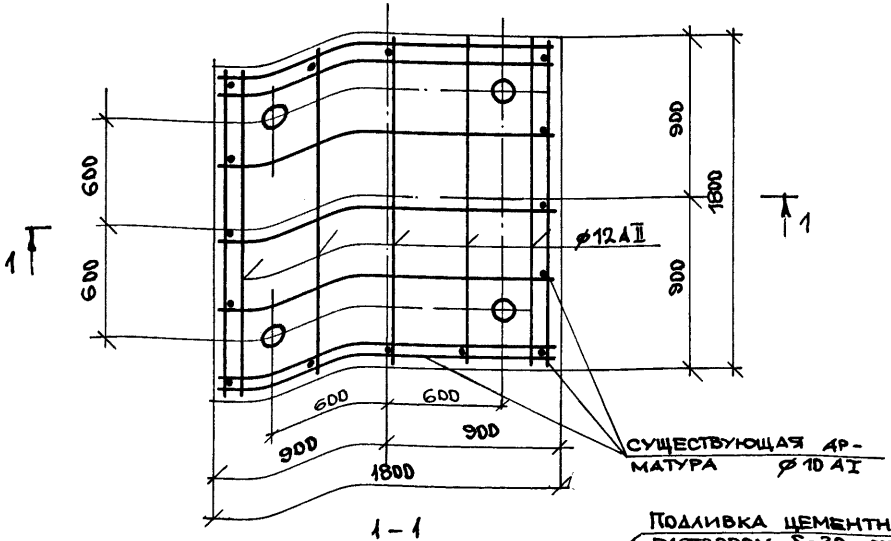
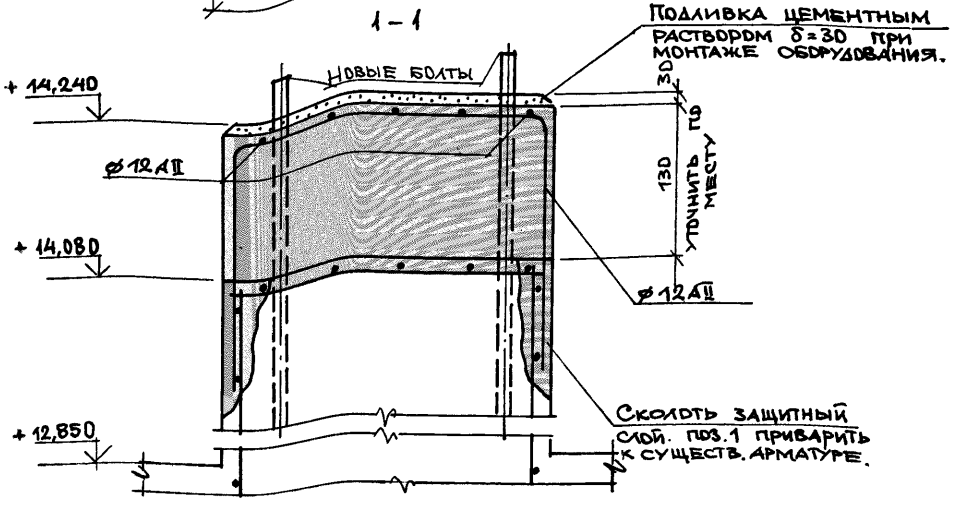


Рис. 60 План раскладки дополнительной арматуры и усиление опорной пластины.

Руставский химический комбинат.



1 - 1



Узел соединения оборванных и новых болтов.

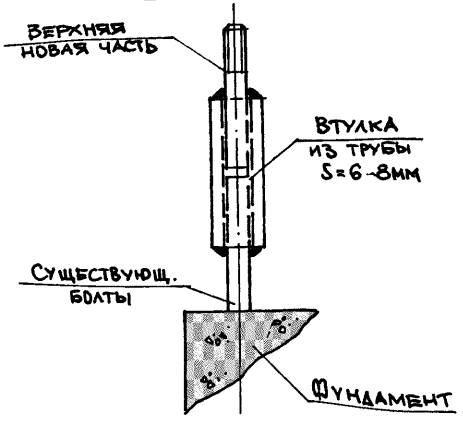
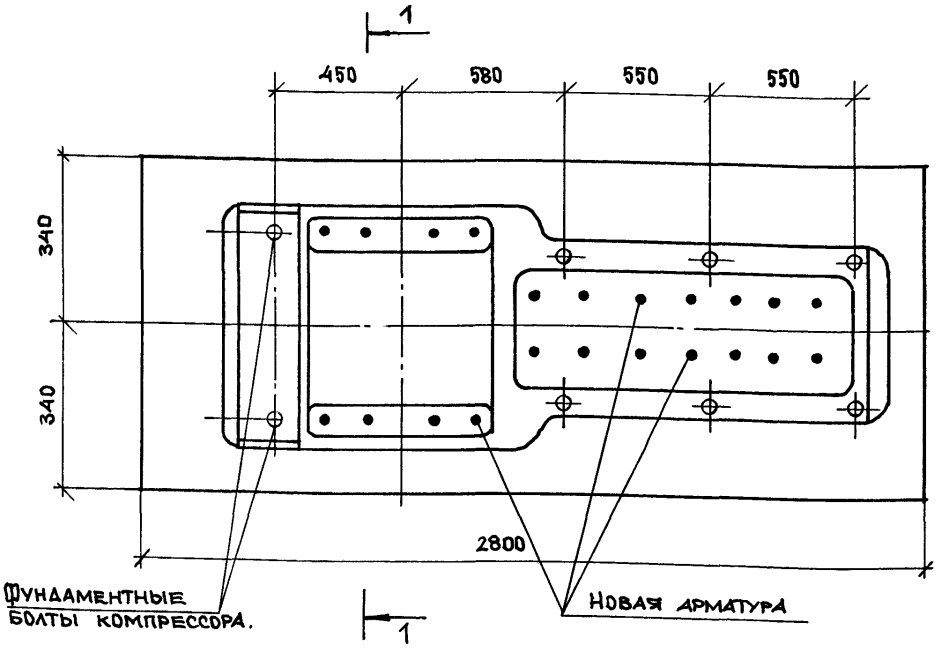


Рис. 61 Техническое решение усиления фундамента под вентилятор установленного на эстакаде.

г. Невинномысск, ПО „Азот"



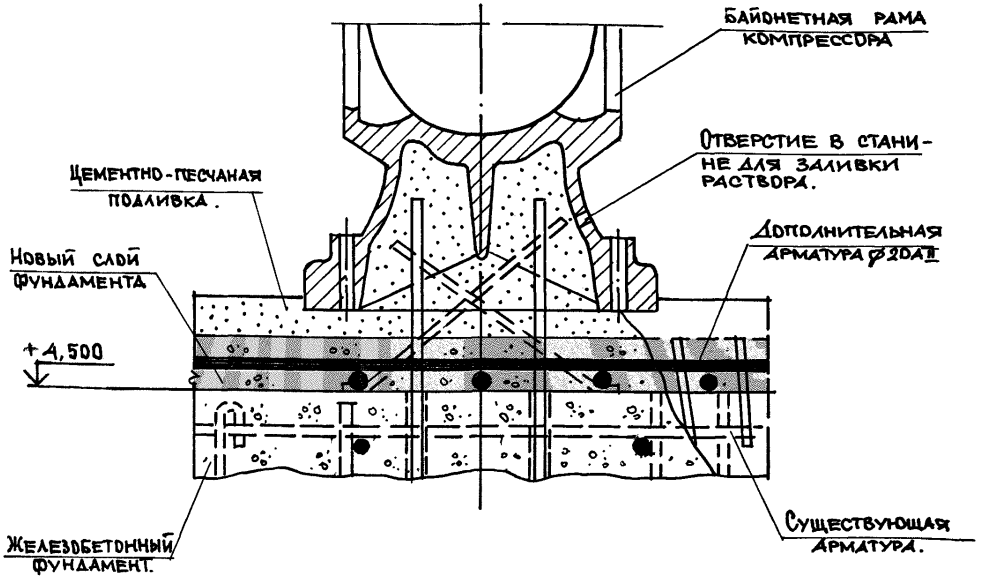


Рис. 62 Перестановка рамы компрессора со значительными горизонтальными усилиями на фундаменте компрессора 3Г-100/200.

Львовский химзавод.

Приложение I.

ЛИТЕРАТУРА

I. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. М., I987.

2. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. М.,I989г.

3. СНиП 3.03.01-87. НЕСУЩИЕ И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

4. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. М.,I99Iг.

5. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. М.,I983г.

6. Правила устройства и безопасной эксплуатации поршневых компрессоров, работающих на взрывоопасных и токсических газах. "Металлургия",I977 г.

7. Основные технические условия на ремонт центробежных компрессоров предприятий азотной промышленности. "Химия",М.,I974г.

8. Основные технические условия на ремонт поршневых компрессоров предприятий азотной промышленности. "Химия",М.,I970г.

9. Руководство по проектированию фундаментных машин с динамическими нагрузками. Стройиздат. М.I982,НИИОСП.

I0. Правила технической эксплуатации турбокомпрессоров на предприятиях Главазота. Госхимиздат. М.,I956г.

II. Руководство по расчёту статически неопределимых железобетонных конструкций НИИЖБ. М.,Стройиздат,I975г.

I2. ТУ 64-2-226-85. Пластмассы акриловые самотвердеющие. Технические условия.

I3. Технические указания на установку и крепление гладких фундаментных болтов при помощи эпоксидного клея РСН 2I8-74. Госстрой УССР.К.,I974г.

I4. Указания по омоноличиванию старого бетона новым с применением клеев. Харьковский ПромстройНИИпроект Госстроя СССР. Харьков, I983г.

I5. Временные технические условия по заделке трещин в железобетонных конструкциях способом инъекции. Свердловск,I967г.

I6. Технические условия на ремонт поршневых компрессоров предприятий азотной промышленности. Химия, М.,I970г.

I7. Справочник по клеям и клеющим мастикам в строительстве. М., Стройиздат, I984 г.

I8. Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций НИИЖБ. М., Стройиздат,I976г.

19. Рекомендации по проектированию фундаментов под технологическое оборудование, возводимых в условиях реконструкции. Москва, 1989 г., Харьковский Промстройпроект.

20. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений, Москва, 1989, НИИСК.

21. Рекомендации по применению защитно-конструкционных полимеррастворов при реконструкции и строительстве гражданских зданий, Москва, 1986 г., НИЭП ОИСИ.

22. Рекомендации по определению экономической эффективности виброизоляции промышленного оборудования. Материалы для проектирования. Шифр 472-79 Москва, 1981 ЦНИИпромзданий.

23. Методические указания по натурным обследованиям промышленных зданий, получивших разрушения в результате внешних воздействий. Москва, 1987 г., ЦНИИпромзданий.

24. Руководства по проведению натурных обследований зданий и сооружении. М., ЦНИИпромзданий, 1975 г.

25. Каталог конструктивных решений по усилению и восстановлению строительных конструкций промышленных зданий. М., ЦНИИпромзданий, 1987 г.

26. Рекомендации по восстановлению и усилению крупнопанельных зданий полимеррастворами. Тбилиси, ТбилЗНИИЭП, 1984г.

27. Пособие по усилению несущих конструкций зданий и сооружении, реконструируемых промышленных предприятии, расположенных во II и III зонах Алма-Аты (к СНИП 10-88), Алма-Ата, Казпромстройниипроект, 1986 г.

28. Рекомендации по виброзащите несущих конструкции производственных зданий, ЦНИИСК, М., 1988г.

29. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений. Утверждено в 1973г.

30. Положение о порядке расследования причин аварий зданий, сооружений, их частей и конструктивных элементов. Утверждено в 1986 г.

31. Инструкция по определению динамических нагрузок от машин, устанавливаемых на перекрытиях промышленных зданий, ЦНИИСК, М., 1966г.

32. Справочник проектировщика. Динамический расчёт здании и сооружении. М., Стройиздат, 1989г.

33. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М., Стройиздат, 1975г.

34. Справочник проектировщика. Динамический расчёт специальных инженерных сооружений и конструкций. М., Стройиздат. 1976г.

35. Вибрация электрических машин. Справочное пособие. Л. Машиностроение, 1974г.

36. Машины электрические вращающиеся. Допустимые вибрации ГОСТ 16921-83.

37. Механические вибрации в машинах с вращающимися и возвратно-поступательными движениями. ИСО 2372-74.

38. МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ. НОМИНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ГОСТ 28173-89 Э.

39. Уровень оценки состояния балансировки и методические указания. ГОСТ 22061-76.

40. ИОРИШ Ю.И. Вибрация. Машиностроение. М., 1963г.

41. ИЩКОВИЧ А.А. Клееметаллические соединения в строительных конструкциях. м7, Стройиздат, 1986г.

42. А.М.КУРМАЕВ. Сейсмостоикие конструкции здании. Справочник. Кишинев Кяртя Молдовеняскэ. 1989г.

43. ЛУЖИН О.В., ЗЛОЧЕВСКИЙ А.Б. и др. Обследование и испытание сооружений. М., Стройиздат, 1987 г.

44. МИХАЙЛОВ К.В., ВОЛКОВ Ю.С. Бетон и железобетон в строительстве. М.,Стройиздат, 1987 г.

45. МИКУЛЬСКИЙ В.Г., КОЗЛОВ В.В. Склеивание бетона. М.,Стройиздат, 1975г.

46. МОРОЗОВ Н.Ф. Математические вопросы теории трещин. М."Наука", 1984г.

47. МОСКВИН В.М., АЛЕКСЕЕВ С.Н. и др. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры. Стройиздат, М.,1971г.

48. РАБОТНОВ Ю.Н. Введение в механику разрушения. М.,Наука,1987г.

49. РУФФЕР Т.Г. Дефекты бетонных конструкций. М.,Строиздат,1987г.

50. РАУШ Э. Фундаменты машин. Госстройиздат, М.,1965г.

51. РАИТМАН А.Г. Деформации и повреждения зданий. М.Стройиздат, 1987г.

52. САВИНОВ О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчёт. Стройиздат,1964г.

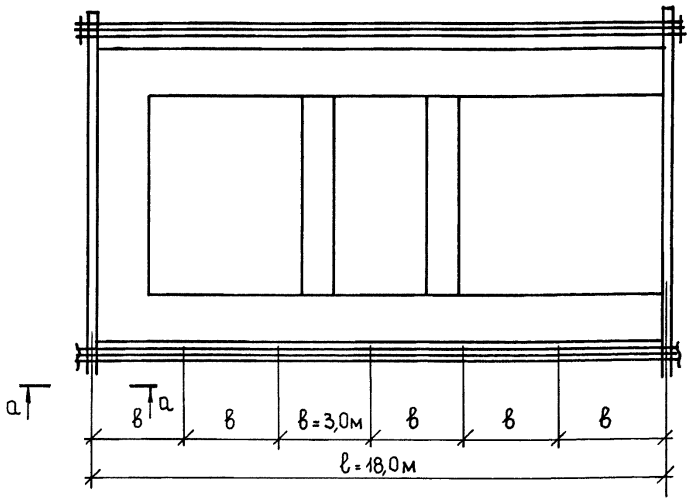
53. САВИНОВ О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчёт. Стройиздат,1979г.

54. ТРАПЕЗНИКОВ Л.П. Температурная трещиностоикоть массивных бетонных сооружении. М.Энергоатомиздат, 1986г.

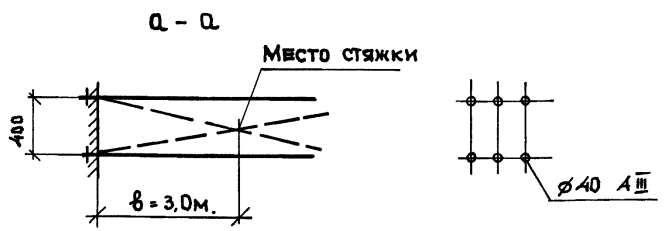
55. ШВЕЦ В.В. и др.Усиление и реконструкция фундаментов. М.,Стройиздат,1985г.

Приложение 2

Пример расчета усиления фундамента компрессора 1Г-266/320 обоймой с металлическими тяжами.



Расчет выполнен по книге: Н.М.Онуфриев „Исправление дефектов изготовления и монтажа сборных железобетонных конструкций промышленных зданий." 1971г.



Натяжение затяжки осуществляется путем взаимного стягивания стержней в вертикальной плоскости в трех местах.

Натяжение в затяжке

$$\sigma_0 = (\sqrt{tg^2\alpha + 1} - 1) \cdot \frac{2E_a}{n} m_0$$

$tg\alpha = \frac{0,2}{3} = 0,067$ $\alpha = 3,8°$

$E_a = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см²

$n = \frac{l}{b} = \frac{18}{3} = 6$

$m_0 = 0,80$ (коэффициент усл. работы)

$$\sigma_0 = (\sqrt{0,067^2 + 1} - 1) \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{6} \cdot 0,85 = 1330 \text{ кг/см}^2 < R_a = 3750 \text{ кг/см}^2$$

Усиление обжатия фундамента всеми стержнями 12ф40 А III

$$N = \sigma_0 F_a = 1330 \cdot 150,8 = 200564 \text{ кгс} \approx 200 \text{ тс}$$

Учитывая, что имеется запас в напряжениях, даем предварительное натяжение по концам затяжки с помощью динамометрического ключа для болтов М48 (СТСЭВ 180-75, 181-75, 182-75), для болтов класса 8,8 ($R_{bt} = 4000$ кг/см²).
На 1 болт $N_b' = (R_a - \sigma_0) A_{bn} = (3750 - 1330) \cdot 14,72 = 35622$ кг ≈ 35 тс.
На 12 болтов $35 \cdot 12 = 420$ тс.

Полное усилие обжатия фундамента $N = 200 + 420 = 620$ тс
Проверка напряжения в стержнях затяжки.

$$\sigma_0 = \frac{N}{F_a} = \frac{620\,000}{150,8} = 4111 \text{ кг/см}^2 > R_a = 3750 \text{ кг/см}^2 ;$$

Принимаем меньшее усилие предварительного напряжения, приняв болты М42 ($A_{bn} = 11,20$ см²)
На 1 болт $N_b' = (3750 - 1330) \cdot 11,20 = 27104$ кгс ≈ 27 тс
На 12 болтов $27 \cdot 12 = 324$ тс.

$N = 200 + 324 = 524$ тс (на один стержень ≈ 45 тс)

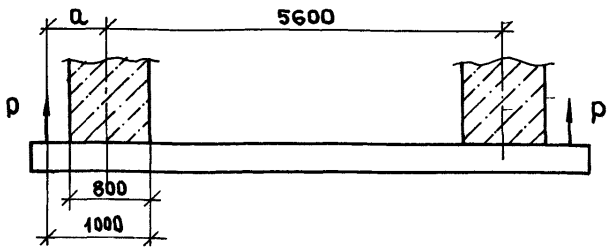
$$\sigma_0 = \frac{524000}{150,8} = 3475 \text{ кг/см}^2 < R_a = 3750 \text{ кг/см}^2 ;$$

Относительное удлинение

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma_0}{E_a} = \frac{3475}{2,1 \cdot 10^6} = 1655 \cdot 10^{-6} ;$$

$\Delta l = \varepsilon \cdot l = 1655 \cdot 10^{-6} \cdot 18000 = 30$ мм.

Расчет упругой балки



$M = P_a = \frac{524}{2} \cdot 0{,}6 = 160$ тм $\qquad W = \frac{M}{R}$

$Q = \frac{524}{2} = 262$ т

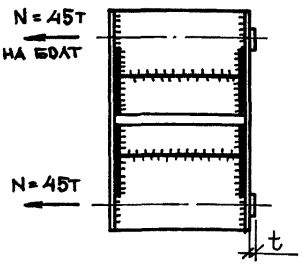
$W = \frac{160 \cdot 10^5}{2950} = 5420$ см^3

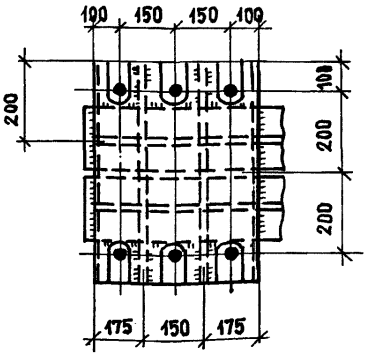
Принимаем 2I60Б2 ГОСТ 26020-83, сталь марки 09Г2С-12
($W_x = 2 \cdot 2980 = 5960$ см^3)

Проверяем жесткость балки ($J_x = 2 \cdot 89320 = 178640$ см^4)

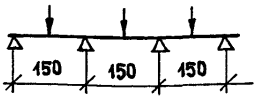
$$\frac{f}{\ell} = \frac{M\ell}{8EJ_x} = \frac{160 \cdot 5{,}6}{8 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 \cdot 178640 \cdot 10^{-8}} = \frac{1}{335}; \qquad f = \frac{1}{335}\ell = \frac{1}{335} \cdot 5600 = 17\text{мм}.$$

$\tau = \frac{Q}{F_{от}} = \frac{262000}{2 \cdot 56 \cdot 1} = 2340$ кг/см^2 $\angle R_S = 2400$ — прочность на срез фундамента.





Определяем толщину опорных плиток t. Схема работы:



Сечение плитки 160×45мм.

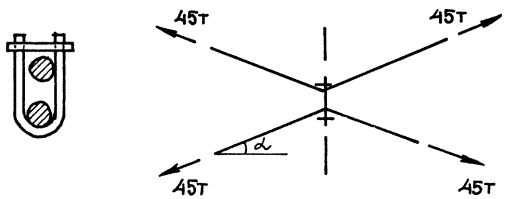
$M = 0{,}15 \cdot N\ell = 0{,}15 \cdot 45 \cdot 0{,}15 = 1{,}01$ тм.

$Q = 0{,}65N = 0{,}65 \cdot 45 = 30$ т.

$W = \frac{(16-4{,}5)\cdot 4{,}5^2}{6} = 39\ см^2$

$\sigma = \frac{1{,}01 \cdot 10^5}{39} = 2590\ кг/см^2 < R_y = 2950\ кг/см^2$;

Расчет стяжного болта.



$S = 45 \cdot \sin\alpha = 3$т

Принимаем болт М24

Проверка бетона на смятие под опорной пластиной. Размер пластины 600 × 600 мм

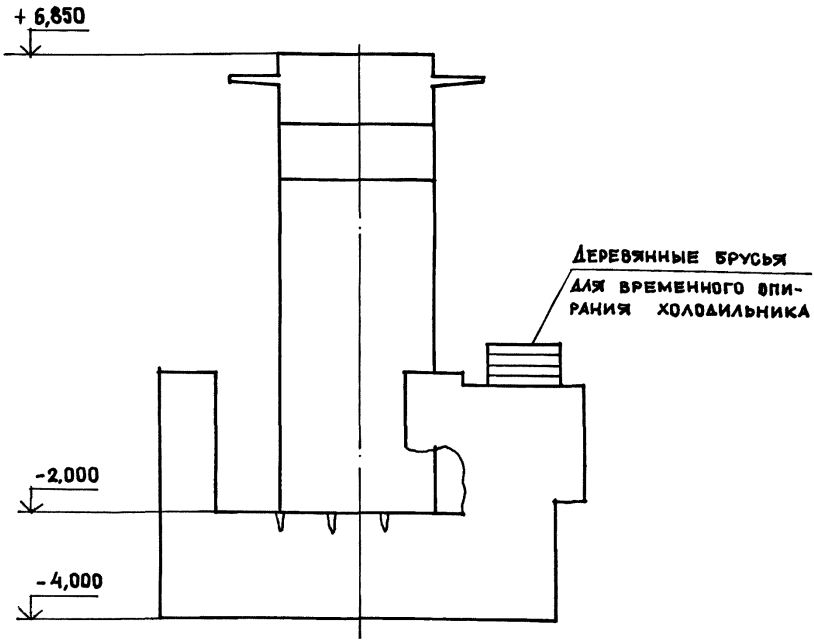
$\sigma = \frac{45 \cdot 6}{0{,}6 \cdot 0{,}6} = 730\ т/м^2 = 73\ кг/см^2 < R_\ell = 75\ кг/см^2$ для бетона М150.

Приложение 3

а. Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от отметки – 0,8м до отметки – 2,0 м.

б. Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от отметки – 1,2м до отметки 3,95м.

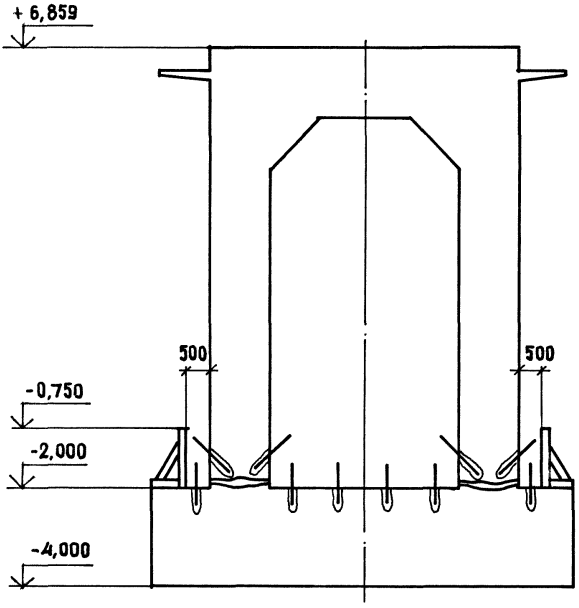
Этап I



1. Заготовить щиты опалубки и арматуры.
2. Остановить печь Барабан холодильника опереть на деревянные брусья.
3. Отрыть котлован.
4. Сделать выемку в бетоне.
5. Очистить поверхность бетона от отм. -2,000 до отм. -0,700 и сделать насечку на всех поверхностях, которые будут соприкасаться с новым бетоном.
6. Пробить шпуры, установить в них арматуру и залить её цементным раствором марки 300

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи от отм. -0,8м до -2,0 м.

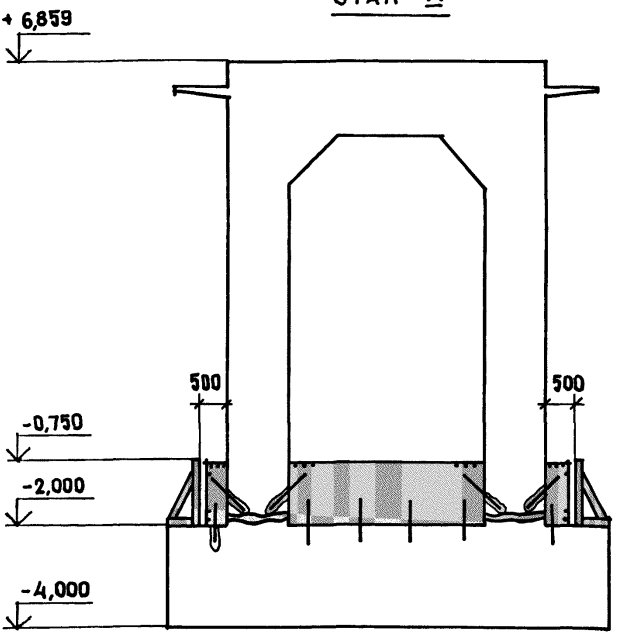
ЭТАП II



УСТАНОВИТЬ ЩИТЫ ОПАЛУБКИ.

ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ ФУНДАМЕНТНОЙ ОПОРЫ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ОТ ОТМ. -0,8м ДО -2,0м.

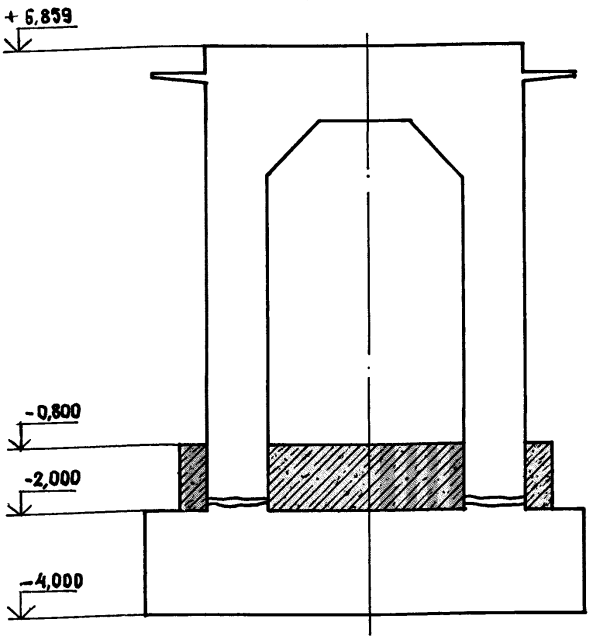
Этап III



1. Установить арматуру.
2. Увлажнить бетон и поддерживать его во влажном состоянии до момента нанесения слоя нового бетона.
3. Забетонировать обойму
   Укладку бетона вести непрерывно горизонтальными слоями с тщательным вибрированием.

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи от отм. -0,8м до -2,0 м.

Этап IV



1 Пропарить бетон обоймы / продолжительность пропаривания 7 дней /.

2 Снять опалубку.

3 Засыпать котлован.

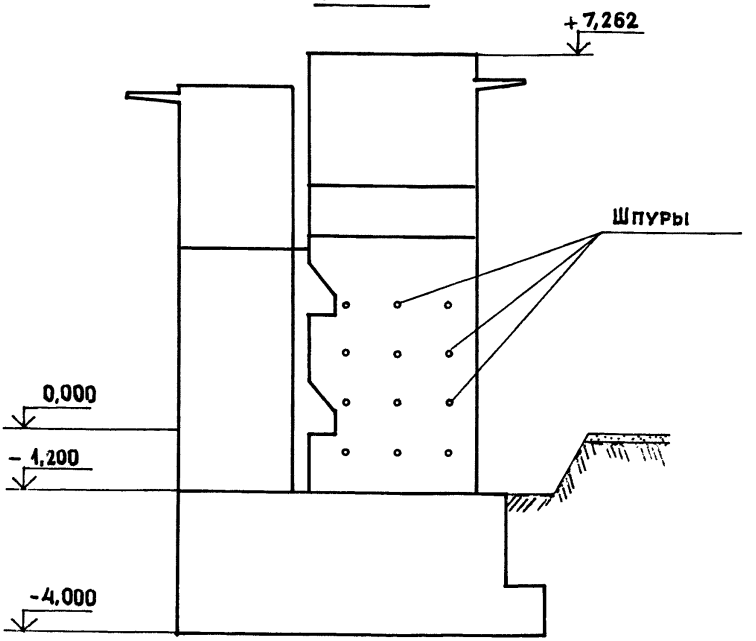
4 Восстановить пол, убрать брусья.

5 Загрузить опору и пустить печь.

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи от отм. - 0,8м до -2,0 м.

Челябинский металлургический завод; печь 2, опора 2

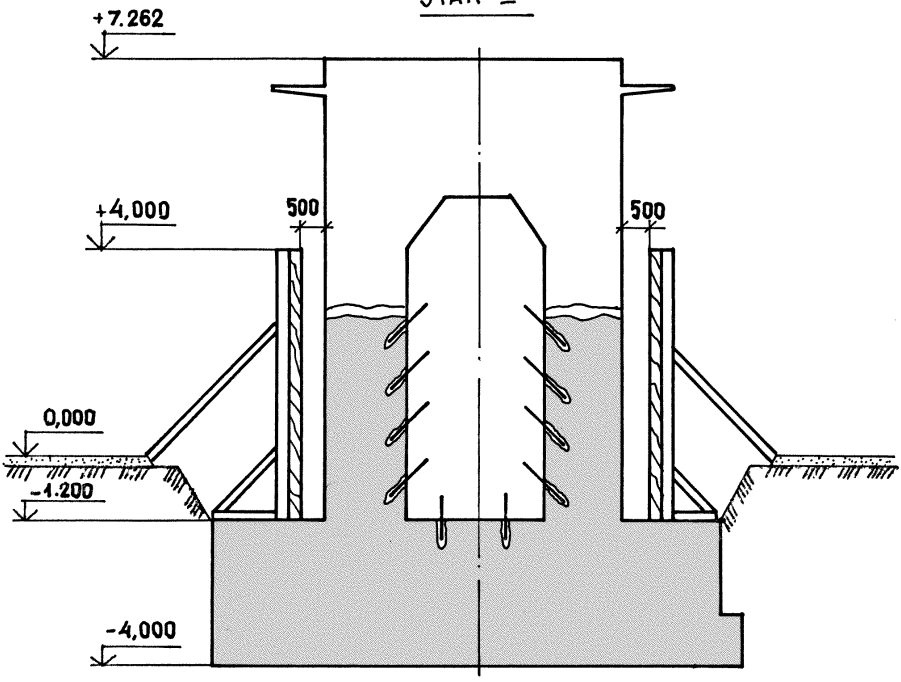
Этап I



1. Заготовить щиты опалубки и арматуру.
2. Снять со стен штукатурку.
3. Остановить печь и раздвинуть ролики с тем, чтобы нагрузка от печи не передавалась на опору.
4. Сделать выемки в стенах и разобрать кирпичную кладку.
5. Отрыть котлован.
6. Очистить поверхности бетона, находившиеся в земле, и сделать насечку на всех плоскостях, которые будут соприкасаться с новым бетоном.
7. Пробить шпуры, установить в них арматуру и залить ее цементным раствором марки 300

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от -1,2 м до 3,95 м.

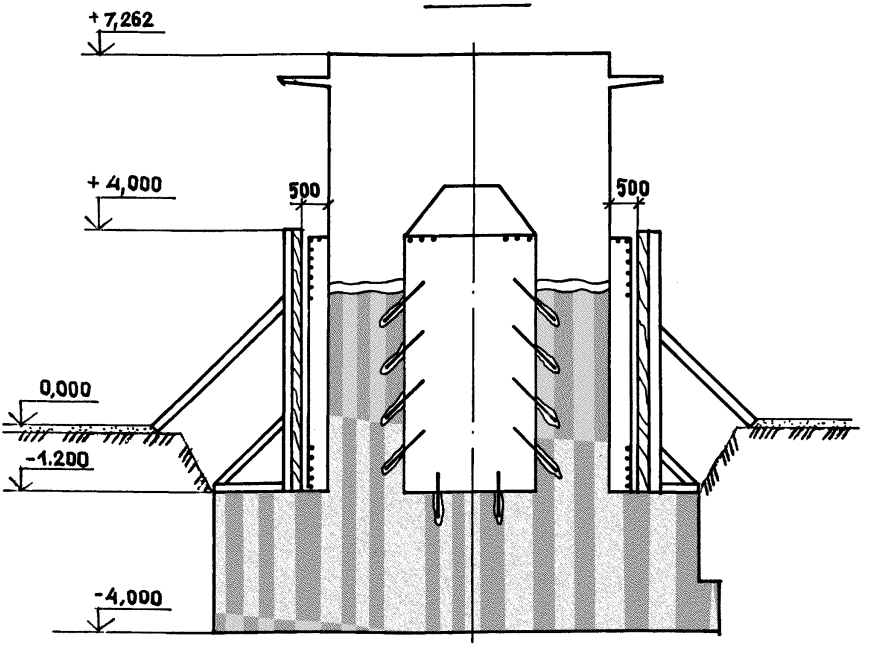
ЭТАП II



Установить щиты опалубки.

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от -1,2м до 3,95м.

Этап III

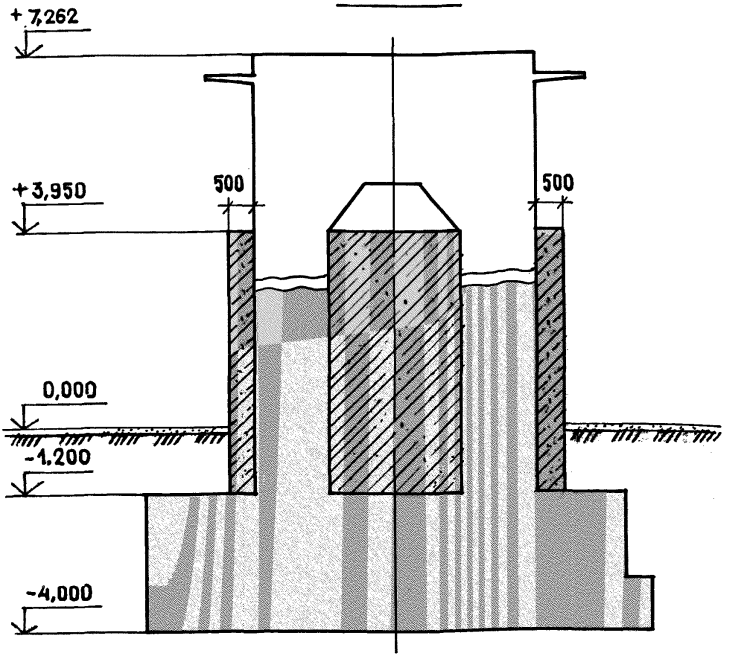


1. Установить арматуру.
2. Увлажнить бетон и поддерживать его во влажном состоянии до момента нанесения слоя нового бетона.
3. Забетонировать обойму.

Укладку бетона вести непрерывно бетононасосом, укладывая бетон горизонтальными слоями с тщательным вибрированием.

Порядок производства работ по усилению фундаментной опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от -1,2м до 3,95м.

ЭТАП IV



1. Пропарить бетон обоймы.

   / продолжительность пропаривания - 7 дней.

2. Снять опалубку.

3. Засыпать котлован.

4. Восстановить пол.

5. Загрузить опору и пустить печь.

Порядок производства работ усиления опоры вращающейся печи железобетонной обоймой от - 1,2м до 3,95м.

Челябинский металлургический завод. Печь 1, Опора 3.

Приложение 4.

Примеры расчётов технико-экономических показателей эффективности предлагаемых способов усиления и реконструкции дефектных фундаментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ УСИЛЕНИЙ ФУНДАМЕНТОВ.

В ценах 1984г.

Наименование предприятий	Фундамент оборудования	Наименование работ	Стоимость работ тыс.р.	Экономич. эффект тыс.р.
1	2	3	4	5
Новгородское ПО"Азот"	Компрессор 1Г-266/320	Разборка существующего и возведение нового фундамента.	48,974	47,249
		Склеивание существующего фундамента эпоксидными смолами.	1,725	
Новгородское ПО "Азот"	Грануляторы СГК 1,2,3,4	Разборка существующих и возведение новых фундаментов	110,4	72,0
		Усиление существ. фундаментов железобетонной обоймы.	38,4	
Предприятие п/я М-5729 г.Химки Московской области	Компрессор 50ГГ-130/200	Разборка существующего и возведение нового фундамента.	55,504	54,686
		Усиление существующего фундамента металлической обоймой.	0,818	
			ИТОГО:	173,935

а) Сравнительный расчет экономического эффекта склеивания фундамента 1Г-266/320 эпоксидными смолами с целью обеспечения его монолитности.

Обследование фундамента компрессора 1Г-266/320 показало, что по существующим нормам эксплуатация компрессора должна быть запрещена, старый фундамент разобран и возведен новый. Стоимость работ при разборке существующего и возведении нового фундамента под компрессор 1Г-266/320 приведена в смете I.

ЛО ГПИ "Фундаментпроект" были разработаны рекомендации по склеиванию существующего фундамента эпоксидными смолами с целью обеспечения его монолитности. Ремонт был произведен и эксплуатация компрессора производится без замены уже более 6.0 миллионов рабочих циклов. Контрольные обследования вибрационного состояния фундамента показали, что колебания фундамента не превышают нормативных, склеивание дало необходимый эффект.

Стоимость склеивания фундамента компрессора 1Г-266/320 эпоксидными смолами приведена в смете П.

Сравнительный анализ ведется по двум вариантам и представлен в таблице "Технико-экономические показатели".

Технико-экономические показатели и качественные характеристики:

Наименование технико-экономических показателей качественных характеристик	Един. измер.	Базовые	Достигнутые	Экономия (+) перерасход(-)
1	2	3	4	5
I. Разборка существующего и возведение нового фундамента.	тыс.р.		48,974	+
2. Склеивание существующего фундамента эпоксидными смолами.	тыс.р.		I,725	

Экономический эффект, согласно расчету, составляет 47,249 т.р.

СМЕТА № I

на разборку существующего и возведение нового фундамента компрессора 2Г-266/320.

Составлена по материалам отчёта ЛО ГПИ "Фундамент-проект", арх.№ 11107.

Составлена в ценах 1984 г.

№№ пп	№ прейскуранта, укрупн. нормы, расц. и др.	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	К-во	Стоимость руб. Един.	Стоимость руб. Всего
I	2	3	4	5	6	7
		I. Разборка существующего фундамента				
I.	46-78	Разборка верхней железобетонной части фундамента из бетона марки М200 до нижней плиты, включая все подливки.	$м^3$	485,0	29-80	I4453
2.	Цен.ч.I стр.35 общ.указ. п.29 стр.6	Погрузка вручную строительного мусора от разборки фундамента на автосамосвалы с отвозкой на расстояние I0 км. Цена: 0.75+0.I8= 0.93 Объем: 485,0х2.4=II64 $м^3$	"	II64	0-93	I082
3.	9-207 Указ.по прим.П ч.П гл.4 п.I978 стр.I06	Демонтаж металлоконструкции (подставки под оборудование, часть перекрытий на I.5 м в сторону от существующего фундамента, переходных лестниц и т.п.)	т	9	25-I0	226
4.	46-I52	Устройство ограждения для разбираемого фундамента сплошными щитами из необрезных досок толщ.3 см. отм. ±0.000 м.	I00 м2	320 м2	69-70	223
5.	8-I94 8-I95	Устройство специальных подмостей для разборки железобетонного фундамента из досок высотою 6 м Цена: 7I.4+44.4	"	I50 м2	II5-80	I74
6.	46-99	Разборка части бетонного пола толщиною 0.2 м вокруг фундамента на I.5 м в каждую сторону отбойными молотками 87.0х0.2= I7.4	м3	I7.4	6-80	II8

I	2	3	4	5	6	7
7.	46-78	Разборка железобетонных фундаментов вспомогательного оборудования, установленного на I этаже.	м3	I4.0	29-80	4I7
8.	Ц.п.I стр.35 общ.указан. п.29 стр.6	Погрузка вручную строит. мусора от пола и вспомогательных фундаментов на автосамосвалы с отвозкой на расстояние I0 км. 0.75+0.I8 = 0.93	"	3I.4х х2.4= =75.4	0-93	70
		ИТОГО по I разделу	Руб.			I6763
		П. Возведение нового фундамента				
9.	6-5	Монолитные железобетонные сложные конструкции с большим количеством отверстий и приямков из бетона М-300.	м3	485.0	38-90	I8866
I0.	Цен.ч.П гл.4 п.2	Стоимость арматуры класса АП.	т	9.6	278-00	2669
II.	6-35 6-37	Устройство бетонного пола с заделкой в него колодцев для крепления оборудования и закладных деталей М-200	м3	I7.4	35-95	625
		ИТОГО по П разделу	Руб.			22I60
		ИТОГО по I и П разделам	Руб.			38923
		Накладные расходы на общестроительные работы I6.5%	Руб.			6422
		ИТОГО:	Руб.			45345
		Плановые накопления 8%	Руб.			3629
		ВСЕГО по СМЕТЕ I	Руб.			48974

С М Е Т А № 2

на склеивание существующего фундамента компрессора 2Г-266/320 эпоксидными смолами.

Составлена по материалам
отчёта ЛО ГПИ "Фундаментпроект"
арх.№ 11107

№№ пп	№ прейскуранта, укрупненные нормы, расценки и др.	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	К-во	Стоимость руб.	
					Един.	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1.	13-285 СНиП IУ-5-82 ч.IУ гл.5	Разделка трещин	м2	30.0	4-22	127
2.	05-02 СНиП IУ-4-82 ч.IУ гл.4	Смола эпоксидная марки ЭД-20.	т	0.25	3570	893
3.	05-04 СНиП IУ-4-82 ч.IУ гл.4	Отвердитель к смоле Э-2000	т	0.05	7010	351
		ИТОГО:	Руб.			1371
		Накладные расходы на общестроительные работы 16.5%	Руб.			226
		ИТОГО:	Руб.			1597
		Плановые накопл. 8%	Руб.			128
		ВСЕГО по СМЕТЕ П	Руб.			1725

Приложение 4.

б) Сравнительный расчёт экономического эффекта усиления фундаментов грануляторов СГК I,2,3,4 железобетонной плитой-обоймой.

Обследования фундаментов грануляторов СГК I,2,3,4 показали, что по существующим нормам эксплуатация грануляторов должна быть запрещена, старые фундаменты разобраны и возведены новые.

Стоимость работ на разборку существующих и возведение новых фундаментов СГК приведена в смете I.(на один фундамент).

ЛО ГПИ "Фундаментпроект" было предложено усиление существующих фундаментов железобетонной плитой-обоймой, качественное выполнение которой приводит к резкому уменьшению вибраций.
Стоимость усиления существующих фундаментов железобетонной плитой-обоймой приведена в смете II (на один фундамент).

Сравнительный анализ ведется по двум вариантам для четырех фундаментов СГК I,2,3,4 и представлен в таблице "Технико-экономические показатели".

Технико-экономические показатели и качественные характеристики:

Наименование технико-экономических показателей, качественных характеристик.	Един. измер.	Базовые	Достигнутые	Экономия (+) перерасход (-)
I	2	3	4	5
I. Разборка существующих и возведение новых фундаментов грануляторов СГК I,2,3,4	тыс. руб.		II0.4	
2. Усиление существующих фундаментов железобетонной плитой -обоймой.	-"-		38.4	+

Экономический эффект согласно расчёту составляет 72.0 тыс.руб.

С М Е Т А № I

на разборку существующих и возведение новых фундаментов гранулятора СГК.

Составлена по чертежам предоставленным в отчёте ЛО ТПИ"Фундаментпроект" арх.№ I0931

Составлена в ценах I984 г.

№№ пп	№ прейскуранта, укрупненные нормы расценки и др.	Наименование работ и затрат	Един. изм.	К-во	Стоимость руб. Един.	Стоимость руб. Всего
I	2	3	4	5	6	7
I.	46-78	I. Разборка существующих фундаментов Разборка железобетонных фундаментов верхней, нижней и средней опор гранулятора СГК из бетона марки М 200 включая все подливки. V_1 =2.7x7.4x3.6= 6I,8 м3 V_2 =2.8x7.4x4.2= 7I.5 м3 V_3 =3.7x4.2x3.9= 60.6 м3 Итого: I93.4 м3	$м^3$	I93.4	29-80	5763
2.	46-99	Разборка части бетонного пола толщиною 0.3 м вокруг фундаментов на I.5 м в каждую сторону отбойными молотками. I42,5x0.3 = 43.0	м3	43.0	6-80	292
3.	Ценник ч.I стр.35 Общ.указания п.2.9, стр.6	Погрузка вручную строительного мусора от разборки фундаментов и пола на автосамосвалы с отвозкой на расстояние I0 км. Цена: 0.75+0.I8 =0.93 Объем:(I93.4+43.0)2.4= =567.4 м3	м3	567.4	0-93	526

I	2	3	4	5	6	7
4.	9-207 Указания по применению Ц. ч. II гл. 4 п. 1978 стр. 106	Демонтаж металлических конструкций.	т	8.0	25-10	201
5.	5-84	Погружение деревянных свай из досок в грунты II группы	м3	4.0	262-00	1048
6.		Разработка мокрого грунта III группы вручную Цена: 220х1.2=264	100 м3	190.6	264-00	502
7.	Ц. ч. I стр. 35 Общ. указ. п. 29 стр. 6	Погрузка грунта вручную на автосамосвалы с отвозкой на расстояние 10 км. Объем: 190.6х1.8=343	т	343.0	0-98	318
8.	Ценник эксплуат. машин гл. 3 м. 8301	Откачка воды из котлована погружаемыми насосами производительностью 6.3м3/час на время разборки ф-та.	м3/час	504	0-50	252
		ИТОГО по I разделу:	Руб.			8904
		II. Возведение нового фундамента гранулятора СГК.				
9.	6-35 6-37	Монолитные железобетонные конструкции из бетона АП.	м3	193.4	35-95	6958
10.	Ценник ч. II гл. 4 п. 2	Стоимость арматуры класса АП.	т	10.0	278-00	2780
11.	8-10	Устройство гравийно-песчаной подушки под фундамент с уплотнением. Цена: (8.98+12.20)х0.5	м3	29.0	10-59	307
12.	6-171 КСЦ ц. 221	Обратная засыпка песком с послойным уплотнением. Цена: 1.81+6.24	м3	190.6	7-55	1439

I	2	3	4	5	6	7
I3.	6-35 6-37	Устройство бетонного пола из бетона М-200	м3	43.0	35-95	I546
		ИТОГО по П разделу	руб.			I8025
		ИТОГО по I и П разделам	руб.			2I929
	Накладные расходы на общестроительные работы I6,5%		руб.			36I8
		ИТОГО:	руб.			25547
		Плановые накопления 8%	руб.			2044
		ВСЕГО по смете I				27591

С М Е Т А П

на устройство железобетонной плиты-обоймы в верхней части фундаментов гранулятора СГК.

Составлена по чертежам, представленным в отчете ЛО ГПИ "Фундаментпроект" Арх.№ I0981

Составлена в ценах I984г.

№№ пп	№ Прейскуранта, укрупненные нормы, расценки и др.	Наименование работ и затрат	Единица измерен.	Количество	Стоимость руб. Един.	Стоимость руб. Всего
I	2	3	4	5	6	7
I.	46-54	Пробивка отверстий в бетоне для установки выпусков из арматуры ℓ=400	I00 отверстий	64	20-80	I38I
2.	9-I23 примеч.	Установка выпусков в шпуры	т	0.8	45-00	I8
3.	6-5	Монолитная железобетонная плита толщиной I.0 м.	м3	II7.6	38-90	4575
4.	Ценник ч.П гл.4 п.2	Стоимость арматуры кл.АП (плиты 5,9 + выпусков 0.3)	З	6.2	278-00	I724
		ИТОГО:	руб.			7648
		Накладные расходы на общестроительные работы I6,5%				I26I
		ИТОГО:				8904
		Плановые накопления 8%				7I2
		ВСЕГО по смете П				96I6

в) Сравнительный расчет экономического эффекта усиления фундаментов компрессоров 5ОТГ-130/200 (№ 14 и № 12) металлической обоймой.

Обследования фундаментов компрессоров 5ОТГ-130/200 (№ 14 и № 12) показали, что по существующим нормам эксплуатация компрессоров должна была быть запрещена, старые фундаменты разобраны и возведены новые.

Стоимость работ при разборке существующего и возведении нового фундамента под компрессор 5ОТГ-130/200 приведена в смете I и II (на один фундамент).

ЛО ГПИ "Фундаментпроект" было предложено усиление существующих фундаментов металлической обоймой, которое было выполнено без остановки компрессоров и существует без замены уже более 6.0 миллионов рабочих циклов. Повторное обследование вибрационного состояния фундаментов показало, что колебания фундаментов не превышают нормативных, усиление работает эффективно.

Стоимость усиления существующих фундаментов компрессоров 5ОТГ-130/200 металлической обоймой приведена в смете III (на один фундамент).

Сравнительный анализ ведется по двум вариантам для двух фундаментов № 14 и № 12 и представлен в таблице "Технико-экономические показатели".

Технико-экономические показатели и качественные характеристики

Наименование технико-экономических показателей, качественных характеристик	Един. измер.	Базовые	Достигнутые	Экономия(+) перерасход(-)
1	2	3	4	5
1. Разборка существующего и возведение нового фундамента	тыс.р.		55.504	+
2. Усиление существующего фундамента металлической обоймой.	-"-		0.818	

Экономический эффект согласно расчету составляет 54,686тыс.р.

С М Е Т А № I

на разборку существующего фундамента компрессора 50ТГ-I30/200.

Составлена по чертежам п/я А-7725 шифр 7244-4-I, КЖ-67

Составлена в ценах I984 г.

№№ пп	№ прейскуранта, укрупн.. норм. расценки и др.	Наименование работ и затрат	Един. изм.	К-во	Стоимость руб. Един.	Стоимость руб. Всего
I	2	3	4	5	6	7
I.	46-78	Разборка верхней железобетонной части фундамента из бетона марки М200 до нижней плиты, включая все подливки.	$м^3$	I85.0	29-80	55I3
2.	46-78	Разборка нижней части железобетонной плиты из бетона М200.	"	98.5	29-80	2935
3.	Цен. ч. I стр.35 Общ. указан. п.29 стр.6	Погрузка вручную строительного мусора от разборки фундамента на автосамосвалы с отвозкой на расст. I0 км.	"	68I	0-93	633
		Цена: 0.75+0.18=0.93				
		Объем: (I85.0+98.5)2.4= =68I м3				
4.	9-207 Указан. по примен. П.ч.П гл.4 п.I978 стр.I06	Демонтаж металлоконстр. (подставки под оборудование, часть перекрытия на I.5 м в сторону от существующего фундамента, переходных лестниц и т.п.)	т	8	25-I0	20I
5.	46-I52	Устройство ограждения для разбираемого фундамента сплошными щитами из необрезных досок толщ.3 см отм. ±0.000м	I00 м2	290 м2	69-70	202
6.	8-I94 8-I95	Устройство специальных подмостей для разборки железобетонного фундамента из досок высотою 6 м.		I20 м2	II5-80	I39
		Цена: 7I.4+44.4	-"-			

I	2	3	4	5	6	7
7.	46-99	Разборка части бетонного пола толщиною 0.2 м вокруг фундамента на I.5 м в каждую сторону отбойными молотками 65м2 х 0.2= I3.0	м^3	I3.0	6-80	88
8.	46-78	Разборка железобетонных фундаментов вспомогательного оборудования установленного на I этаже.	"	I3.5	29-80	402
9.	П.п.Iстр.35 Общ.указ. п.29 стр.6	Погрузка вручную строительного мусора от пола и вспомог.фундаментов на автосамосвалы с отвозкой на расстояние I0 км. 0.75+0.I8= 0.93	м^3	26.5х х2.4= =63.6	0.93	59
		ИТОГО по СМЕТЕ				9I72

СМЕТА № 2

на возведение фундамента под компрессор 50ТГ-130/200

Составлена по чертежам организации п/я А-7725 шифр 7244-4-1,КЖ-6,7

Составлена в ценах 1984 г.

№№ пп	№ прейскур. укрупн. нормы, расц. и др.	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	К-во	Стоимость, руб. Един.	Стоимость, руб. Всего
1	2	3	4	5	6	7
1.	6-5	Монолитные железобетонные сложные конструкции с большим количеством отверстий и приямков из бетона М-300 (надземная часть)	м³	185.0	38-90	7197
2.	6-35 6-37	Монолитная железобетонная нижняя плита из бетона М-200				
		Цена: 32.60+3.35	"	98.5	35-95	3541
3.	Ценник ч.П гл.4 п.2	Стоимость арматуры класса АП верхней части	т	1.11	278-00	309
4.	-"-	То же, нижней части	"	0.35	278-00	98
5.	6-35 6-37	Устройство бетонного пола с заделкой в него колодцев для крепления оборудования и закладных деталей М-200.	м³	13.0	35-95	467
6.	5-84	Погружение деревянных свай из досок в грунты П группы.	"	4.0	262-00	1048
7.		Разработка мокрого грунта Ш группы вручную.	100 м3	48 м3	264-00	127
		Цена: 220х1.2=				
8.	Ц.ч.1стр.35 Общ.указ. п.29 стр.6	Погрузка грунта вручную на автосамосвалы с отвозкой на расстояние 10 км.				
		Цена: 0.75+0.18				
		Объем: 48м3х1.8=86.5	т	86.5	0-93	80

I	2	3	4	5	6	7
I3.	Ценник эксплуат. машин гл.3п.3301	Откачка воды из котлована погружаемыми насосами производительностью 6.3 м3/час на время разборки ф-та.	$\frac{м^3}{час}$	504	0-50	252
		ИТОГО по СМЕТЕ 2				I3II9
		ИТОГО по I и 2 смете (общестроит.работы)	Руб.			22291
		Накладные расходы на общестроит. работы I6.5%				3678
		ИТОГО:	Руб.			25969
		Плановые накопления 8%				I783
		ВСЕГО по СМЕТАМ				27752

СМЕТА № 3

на усиление существующего фундамента компрессора 50ТГ-130/200 металлической обоймой.

Составлена по чертежам предоставленным в отчёте ЛО ГПИ "Фундаментпроект" арх№ 10920

Составлена в ценах 1984 г.

№№ пп	№ прейск. укрупн.норм, расц. и др.	Наименование работ и затрат	Един. изм.	К-во	Стоимость руб. Един.	Стоимость руб. Всего
1	2	3	4	5	6	7
1.	9ч.Пгл.4 п.1978 стр.106	Стоимость металлических конструкций	т	1.3	227-00	295
2.	9-207	Монтаж металлоконструкций.	т	1.3	40-80	53
3.	15-614	Масляная окраска металлоконструкции за 2 раза	100 м2	30	55-60	17
		ИТОГО строительные работы (кроме пп.1 и 2	Руб.			17
		Металлоконструкции	Руб.			348
		Накладные расходы на общестроит.работы 16.5%	Руб.			3
		То же, на металлоконструкции 8%	Руб.			28
		ИТОГО:	Руб.			379
		Плановые накопл.8%	Руб.			30
		ВСЕГО по СМЕТЕ	Руб.			409

gost.e-ecolog.ru