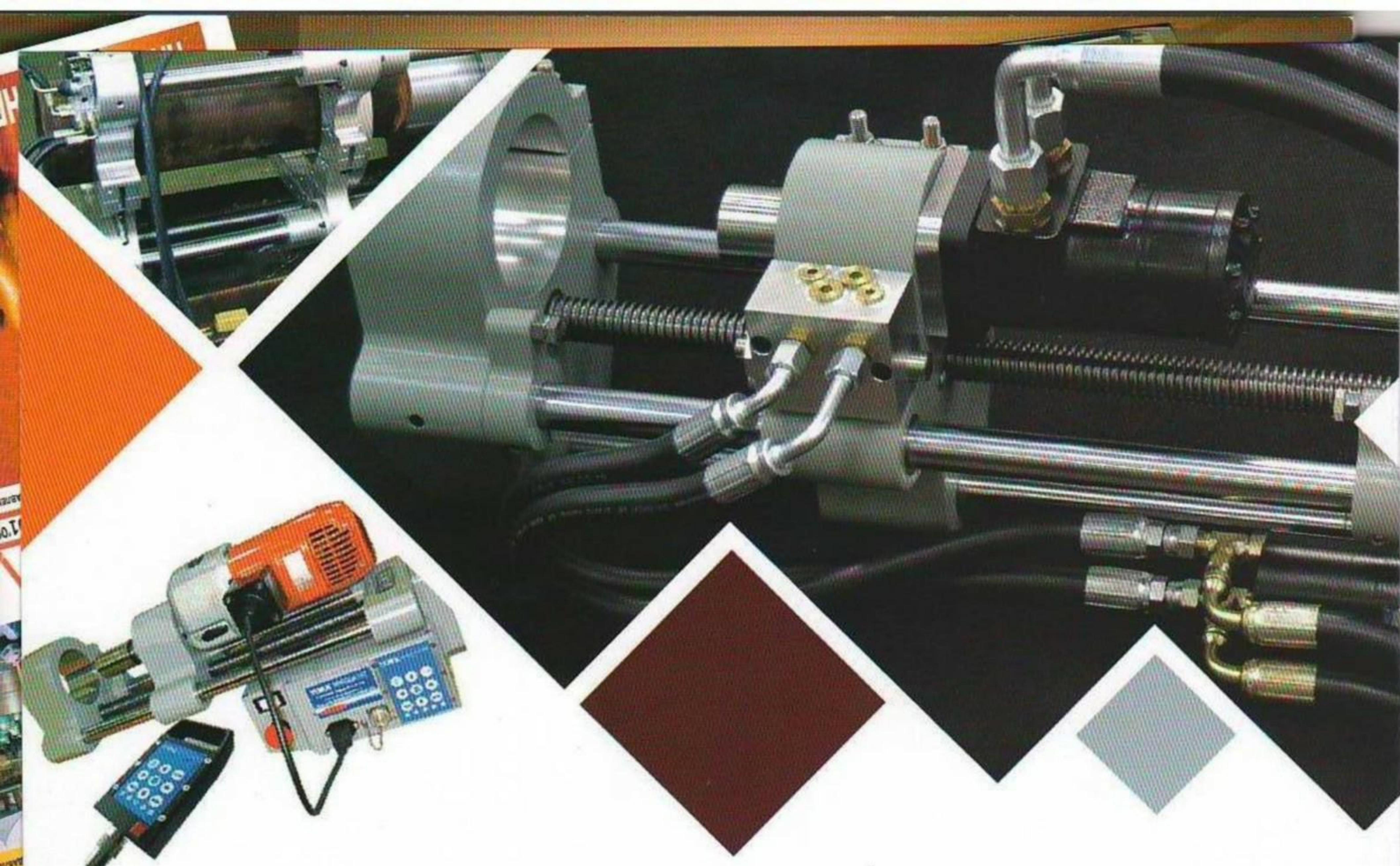


ISSN 2074-7470

ГЛАВНЫЙ МЕХАНИК

7/2013



YORK PORTABLE MACHINE TOOLS

Разработкой, усовершенствованием и изготовлением портативных расточных станков и занимается компания York Portable Machine Tools. На сегодняшний день компания представляет серию станков для осевой расточки и орбитальной наплавки для решения практических задач в области ремонта и восстановления технологических отверстий диаметром от 38 до 915 мм.

С 2006 г. компания **ООО «Надежность ТМ»** является официальным представителем на территории Российской Федерации и стран СНГ компании York Portable Machine Tools.

Сотрудники компании ООО «Надежность ТМ» прошли практическое обучение и уже накопили достаточный опыт по работе с оборудованием York Portable Machine Tools.

Официальный представитель
на территории России компаний York Portable
Machine Tools – компания **ООО "Надежность ТМ"**.

www.nadezhnost.com,
тел./факс: +7 (495) 737-56-22

Портативные станки York выполняют следующие операции:

- ◆ наплавка и расточка отверстий;
- ◆ соосная расточка нескольких разнесенных отверстий;
- ◆ торцевание поверхностей;
- ◆ ремонт посадочных мест под втулки и подшипники;
- ◆ проточка канавок под стопорные кольца;
- ◆ наружная обточка цилиндрических поверхностей.

Модель York 4-14 – базовая модель компании для расточки отверстий диаметром от 38 до 600 мм, обладающая широкими возможностями.

Модель York Smart Weld Systems, 830 – мобильная установка для наплавки с дополнительными комплектами горелок и аксессуаров позволяет производить наплавку внутренних и внешних цилиндрических поверхностей, торцевых поверхностей до 1200 мм. Может работать как самостоятельное устройство, так и в комплекте с расточными станками.

Модель York 12-36 – новая модель для расточки отверстий диаметром от 306 до 915 мм, мощная установка с гидравлическим приводом, призванная решать круг задач, возникающих при ремонте крупных отверстий.

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В современных условиях обслуживание металлургического оборудования, как правило, требует привлечения нескольких подрядчиков, которые в последующем будут нести ответственность только за свой объем работ и поэтому не смогут гарантировать качественное выполнение ремонта в целом и дальнейшую безотказную работу оборудования.

Фирма «Надежность Тяжелых Машин», совместно с чешскими партнерами, предлагает заказчикам комплексные решения по проведению экспертиз технического состояния, ремонтов, модернизаций и поставкам нового оборудования с гарантией на безотказную работу его базовых деталей в течение 36 мес.

Компания «Надежность Тяжелых Машин» (фирма «Надежность ТМ»), ранее фирма «Надежность Плюс», создана на базе отдела надежности, долговечности и прочности металлургических машин АХК «ВНИИМЕТМАШ» (Москва). С 2005 г. фирма «Надежность ТМ» входит в состав Международного союза производителей металлургического оборудования «Металлургмаш». С 2010 г. компания является



официальным представителем в России и странах СНГ чешского концерна TS Plzeň a.s. (ранее ŠKODA) и совместно с ним проводит полный комплекс работ по проектированию, изготовлению, глубокой модернизации и увеличению усилия мощных гидравлических прессов, прокатного и другого металлургического оборудования.

Фирма «Надежность ТМ» специализируется на выполнении работ по диагностике технического состояния, модернизации и ремонту мощных гидравлических прессов, прокатных станов и других металлургических машин и оборудования.

Руководителем компании является доктор технических наук, лауреат Государственной и Совета Министров премии СССР Александр Иванович Сурков.

В перечень предлагаемых работ и услуг компании входят:

1. Экспертиза состояния оборудования и разработка технических решений по обеспечению его безотказной работы, выпол-



няемая на основе обследования методами неразрушающего контроля, прочностных расчетов, тензометрических и метрологических исследований.

2. Внедрение технических решений по обеспечению длительной и безотказной работы базовых деталей, разработанных на основе экспертизы их состояния, выполняется на предприятии заказчика с применением:

- мобильного металлообрабатывающего оборудования, позволяющего обрабатывать крупногабаритные детали на месте без их демонтажа;
- технологий сварки, позволяющих проводить сварочные работы без предварительного подогрева и термообработки непосредственно в цеховых условиях.

3. Во время капитальных ремонтов проведение монтажных работ любой сложности с термозатяжкой колонн и стяжных шпилек, замена трубопроводов высокого давления, ремонт сосудов, работающих под давлением, по новой технологии сварки, аттестованной в НАКС, без предварительного подогрева и последующей термообработки.

Капитальный ремонт

Объем работ

- Демонтаж архитрава, трубопроводов высокого давления, цилиндров, подвижной траверсы, элементов подвижного стола
- Демонтаж колонн
- Восстановление работоспособности цилиндров, архитрава, основания и подвижной траверсы с ликвидацией усталостных трещин и планировкой их контактных поверхностей
- Монтаж деталей пресса, узлов и деталей гидросистемы управления, трубопроводов высокого давления
- Термозатяжка колонн пресса по запатентованной ООО «Надежность ТМ» методике с последующим контролем равномерности их нагружения методом электротензометрии
- Разработка проекта и установка автоматической централизованной системы смазки на базе комплектующих компаний Lincoln
- Установка системы контроля за прочностными и технологическими параметрами работы оборудования, позволяющей отслеживать уровень напряжений в базовых деталях и параметры технологического процесса что позволяет предупредить отказы базовых деталей и отклонения от технологии изготовления продукции
- Пуско-наладочные работы



4. Изготовление и поставка новых деталей.

5. Модернизация систем привода, управления и механизации.

6. Проектирование и изготовление мощных гидравлических прессов, прокатных станов и других металлургических машин.

Редакция журнала начинает публикацию материалов о приемах решения задач, наработанных фирмой «Надежность ТМ», для каждого из вышеупомянутых этапов обслуживания оборудования с приведением конкретных примеров из опыта компании.

КОНЦЕРН «КАЛАШНИКОВ» ПОЯВИТСЯ В СЕРЕДИНЕ 2013 ГОДА

НПО «Ижмаш», входящее в госкорпорацию «Ростех», будет переименовано в ОАО «Концерн «Калашников», который станет единоличным исполнительным органом ОАО «Ижевский механический завод». Презентация и торжественное открытие «Калашникова» с участием первых лиц государства состоится 19 сентября в Ижевске и 21 сентября 2013 г. в Москве.

На данный момент 15 рабочих групп проводят совместный аудит для подготовки уточненного плана мероприятий по объединению «Ижмаша» и «Ижмеха» в концерн «Калашников».

В первую очередь в «Калашникове» будут централизованы административно-управленческие функции, логистика и закупка материалов, маркетинговая стратегия и участие в федеральных целевых программах.

В будущем в «Калашников» войдут НИТИ «Прогресс», Вятско-Полянский завод «Молот», КБАЛ Кошкина и, возможно, «Тульский оружейный завод», а также другие предприятия стрелковой и боеприпасной отрасли.

Основные задачи концерна – формирование единой структуры, консолидирующей активы и ресурсы стрелковой и боеприпасной отрасли; эффективное производство современных стрелковых комплексов для обеспечения задач обороны и безопасности страны; усиление позиций на рынке гражданского стрелкового оружия России; укрепление позиций отечественных предприятий на международных рынках боевого и гражданского стрелкового оружия.

Как патриот России, Михаил Тимофеевич Калашников разрешил безвозмездно использовать свое имя в названии концерна. Он заявил, что для него помогать стране в продвижении стрелкового оружия и развитии оборонно-промышленного комплекса – великая честь. Для «Ижмаша», в свою очередь, также почетно увековечить имя Михаила Тимофеевича в истории.

УДК 622.276.05

ЭКСПЕРТИЗА СОСТОЯНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

И. А. Сурков, канд. техн. наук, генеральный директор,

И. В. Тимохин, главный инженер,

Д. С. Бондарь, инженер,

фирма «Надежность ТМ», Россия

109428, г. Москва, Рязанский проспект, дом 8а, стр. 45,

info@nadezhnost.com

Аннотация. Актуальность своевременного проведения экспертизы подтверждается изученным механизмом большого числа разрушений базовых деталей, вызывающих экономический ущерб, значительно превышающий расходы на экспертизу состояния оборудования, разработку и внедрение технических решений по предупреждению аварийных ситуаций. Представлены результаты экспертиз состояния базовых деталей мощных металлургических машин на заводах России и СНГ.

Ключевые слова: мощный гидравлический пресс, прокатный стан, базовые детали, внезапное разрушение, экспертиза, неограниченная долговечность, запас усталостной прочности.

EXPERTISE OF THE STATE OF MAIN PARTS OF HEAVY-DUTY METALLURGICAL MACHINES AND EQUIPMENT

I. A. Surkov, Ph. D. of technical sciences, general director,

I. V. Timokhin, the chief engineer,

D. S. Bondar, an engineer, company «Nadezhnost TM», Russia

Lead. Topicality of the modern carrying-out of the expertise is confirmed by the studied mechanism of the big number of failures of main parts causing economic damage significantly increasing costs on the expertise of the state of equipment, development and implementation of technical solutions for prevention of accidents. Results of examinations of the state of main parts of powerful machines at the plants of Russia and CIS have been presented.

Key words: powerful hydraulic press, rolling mill, main parts, simultaneous failure, expertise, infinite life, fatigue durability margin.

Тяжелые машины, работающие в металлургической промышленности, такие как мощные гидравлические прессы и крупные прокатные

станы, находятся в эксплуатации по 40–50 и более лет. С увеличением сроков эксплуатации машины устаревают морально и физически,

переставая соответствовать современным технологическим запросам и требованиям по предупреждению аварийных ситуаций, связанных с разрушением оборудования. Но обновление всего парка тяжелых машин в короткие сроки путем полной их замены является невыполнимой задачей.

В то же время содержание тяжелых машин на современном технологическом уровне обеспечивается модернизацией систем привода, управления и механизации (20% массы и стоимости оборудования). Не менее важно и сохранение для дальнейшей эксплуатации базовых деталей (колонн и поперечин гидравлических прессов, станин клетей прокатных станов), на долю которых приходится до 80% массы и стоимости оборудования. Поэтому установление и устранение причин физического старения и обеспечение дальнейшей безотказной работы базовых деталей составляют основу инновационного проекта обновления тяжелых машин.

Процесс физического старения определяют количество разрушений базовых деталей и экономические затраты, связанные с ликвидацией последствий этих разрушений. Анализ разрушений базовых деталей тяжелых машин показал, что эти разрушения не связаны со старением всего объема материала детали, развивающимся в процессе длительной эксплуатации. Причины разрушения в виде локальных зон, конструктивных и технологических концентраторов напряжений существовали с самого начала эксплуатации и были заложены в машину на стадиях проектирования, изготовления и монтажа заводом-изготовителем. Своевременное выявление и устранение этих причин позволяет предотвратить значительный экономический ущерб, а в ряде случаев и катастрофические последствия, вызванные разрушением базовых деталей [1, 2].

На заводе Алкоа в г. Кливленде, США, установлен гидравлический пресс усилием 50 000 т (рис. 1). Высота пресса 27 м, из них 11 м располагаются ниже уровня пола. Общая масса пресса 8000 т. Пресс начал работать в 1955 г. и до настоящего времени остается самым мощным в мире ковочным прессом.

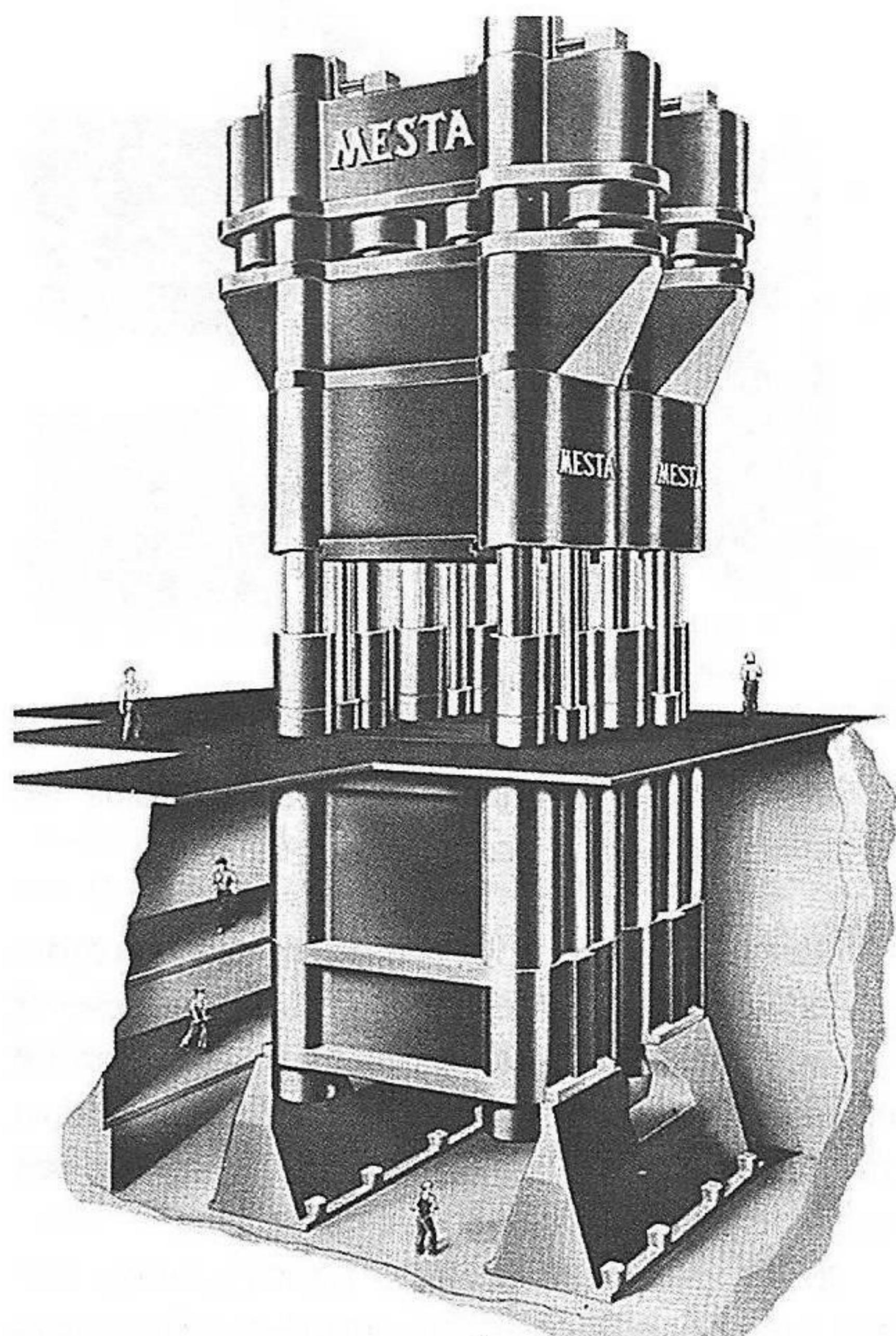


Рис. 1. Ковочный пресс усилием 50 000 тс

Пресс морально не устарел, а его продукция востребована крупнейшими авиационными и оборонными предприятиями.

8 августа 2008 г. на прессе произошла авария, вызванная внезапным разрушением нижних поперечных балок основания пресса (рис. 2). Первоначальные усталостные трещины возникли в зонах конструктивных концентраторов напряжений на контурах отверстий в стенках балок. Постепенный рост усталостных трещин не оказывал влияния на параметры технологического процесса и оставался незамеченным. После развития усталостных трещин до критических размеров при штатном технологическом нагружении пресса произошло мгновенное разрушение нижних поперечных балок. Под действием динамических нагрузок, возникших при разрушении поперечных балок, оказались поврежденными фундаментные балки и главные колонны.

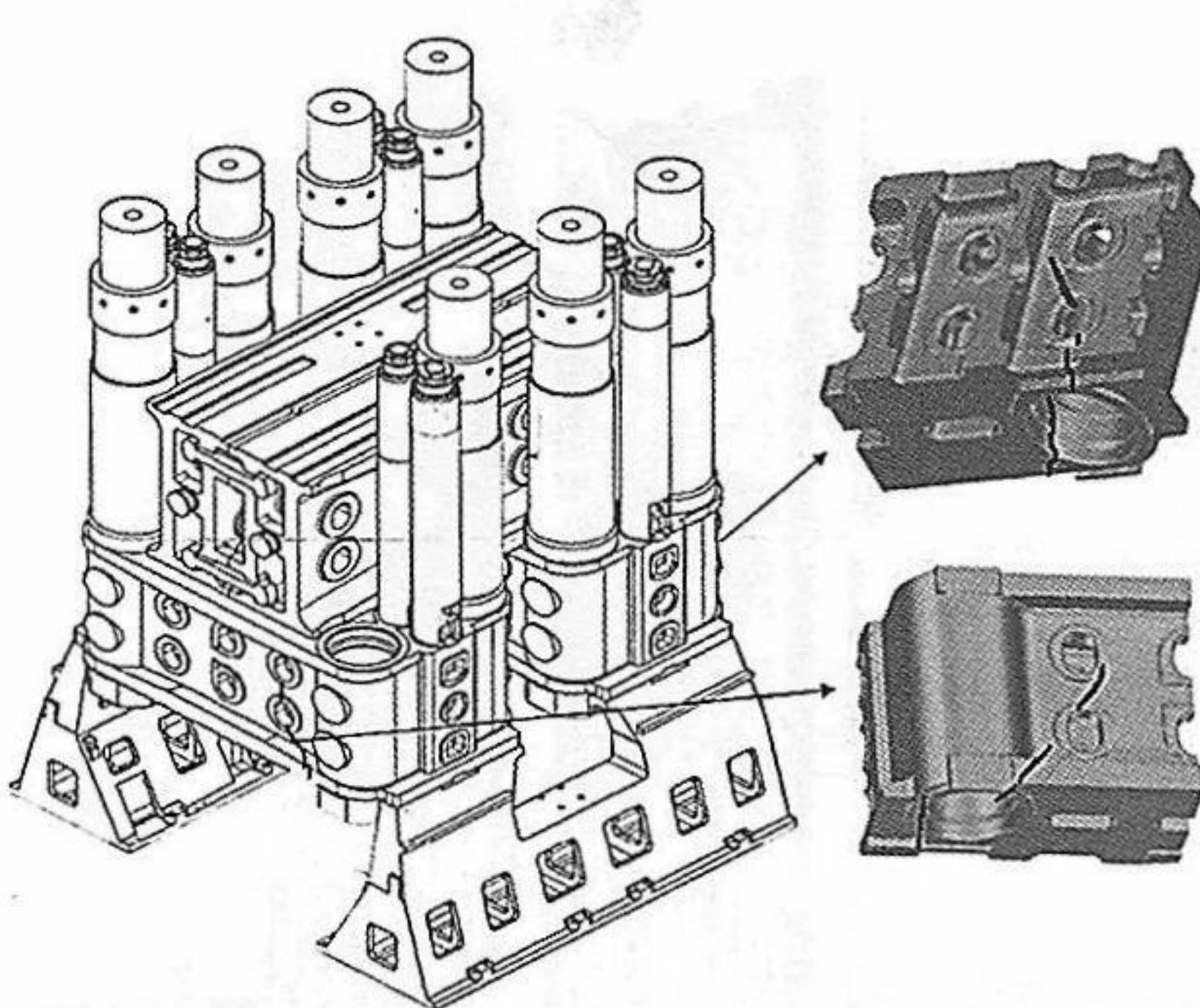


Рис. 2. Схема разрушения поперечных балок основания пресса усилием 50 000 тс

Восстановление пресса потребовало изготовления новых фундаментных балок, поперечных балок и колонн. По имеющимся данным, простой пресса от момента аварии до предполагаемого запуска в эксплуатацию (декабрь 2011 г.) должен был составить 3 года 5 месяцев.

Для предупреждения разрушений поперечных балок, подобных вышеупомянутому, необходимо выполнение следующих условий и мероприятий:

- на момент начала эксплуатации следует иметь паспорт надежности базовых деталей с оценкой запасов усталостной прочности;
- ввести в инструкцию по эксплуатации пункт об обязательном проведении плановых периодических экспертиз базовых деталей с определением фактического состояния зон концентрации напряжений;
- своевременно устранить на месте без демонтажа – монтажа пресса зоны концентрации напряжений, имеющие запас усталостной прочности $n < 1$, внеся необходимые конструктивные изменения в детали и узлы оборудования.

Вышеприведенный пример и результаты анализа большого числа разрушений показывают, что базовые детали во многих случаях содержат концентраторы напряжений, в которых возникающие локальные нагрузки превышают предел прочности материала.

В процессе дальнейшей эксплуатации развитие трещин в этих зонах приведет к

внезапному разрушению базовых деталей с возможными катастрофическими последствиями. Для своевременной разработки и внедрения технических решений, исключающих возможность возникновения аварийных ситуаций, разработаны теоретические и экспериментальные методы экспертизы состояния действующих и восстановления разрушенных базовых деталей непосредственно на месте эксплуатации без разборки-сборки металлургической машины. Важность проведения подобных работ будет показана далее на примерах результатов экспертиз состояния базовых деталей гидравлических прессов и прокатных станов на металлургических заводах России и стран СНГ, выполненных специалистами фирмы «Надежность ТМ».

КОЛОННЫ

В большинстве случаев разрушения колонн (рис. 3) обусловлены возникновением и развитием усталостных трещин во впадинах витков резьбы, повреждением и в ряде случаев полным разрушением витков резьбы. Разрушение колонн связано с особенностями напряженного состояния резьбы, возникающего при эксплуатации пресса в двух возможных режимах [3, 4].

Первый режим характеризуется соблюдением проектных условий работы. Усилие

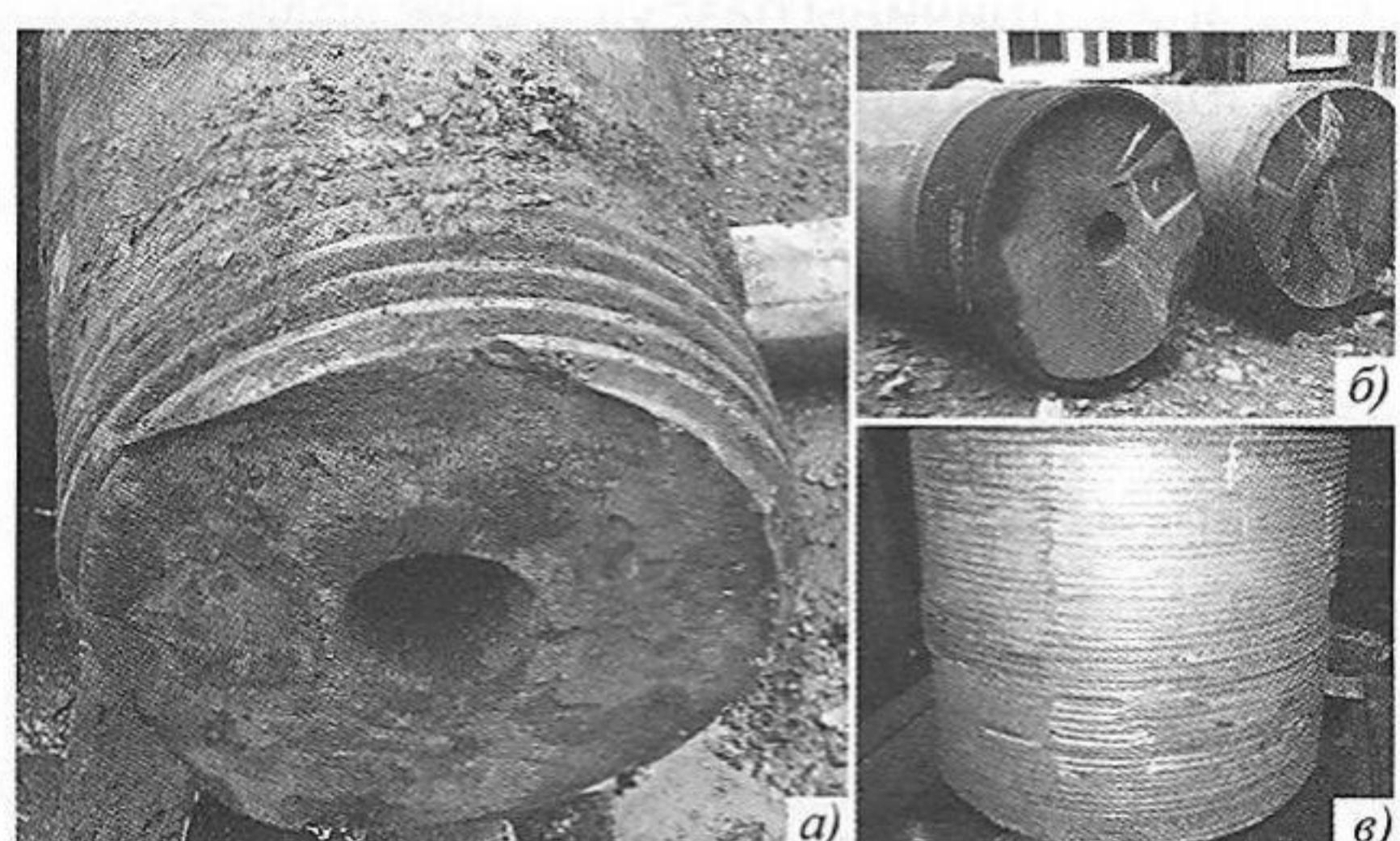


Рис. 3. Разрушенная колonna пресса усилием 40 МН для производства древесно-волокнистых плит (а), поверхности излома разрушенных колонн пресса усилием 70 МН для изготовления тел вращения (б) и разрушение внешней резьбы колонны под основанием пресса усилием 100 МН для изготовления тел вращения (в)

затяжки колонны в поперечине достаточно для исключения возможности раскрытия стыков между внутренней гайкой колонны и поперечиной при рабочем нагружении пресса. При втором режиме, нарушающем проектные условия эксплуатации, из-за недостаточного усилия предварительной затяжки или полного его отсутствия происходит раскрытие стыков.

При проектном режиме для всех типов резьбы запас прочности $n > 1$, что обеспечивает неограниченную долговечность колонн по критерию усталостной прочности. Кроме того, при проектном режиме витки резьбы не подвержены коррозии и фреттинг-износу, так как при закрытых стыках агрессивная среда не проникает в резьбовое пространство, а взаимные смещения витков гайки и колонны пренебрежимо малы.

При нарушении проектного режима для всех типов резьбы запас усталостной прочности $n < 1$, что приводит к неизбежному возникновению трещин и разрушению колонн в процессе эксплуатации. Кроме того, зазоры между гайками колонн и поперечинами создают условия для возникновения динамических нагрузок и проникновения агрессивной среды.

Многочисленные экспертизы с применением ультразвукового контроля (УЗК), проведенные на металлургических и машиностроительных заводах, показали, что потеря или отсутствие усилия предварительной затяжки являются закономерной причиной образования усталостных трещин во впадинах первых нагруженных витков резьбы колонн, приводящих в конечном итоге к разрушению колонн.

Некоторые примеры обнаружения с помощью УЗК дефектов типа трещин в колоннах гидравлических прессов:

- пресс для производства древесно-волокнистых плит усилием 40 МН (рис. 3а). Разрушение колонны произошло по первому нагруженному витку внешней резьбы. Трещина протяженностью 130 мм и глубиной 30 мм была обнаружена посредством УЗК за 1 год до разрушения колонны;

- гидравлический ковочный пресс силой 60 МН производства УЗТМ. Обнаружена трещина в верхней внешней резьбе одной из колонн

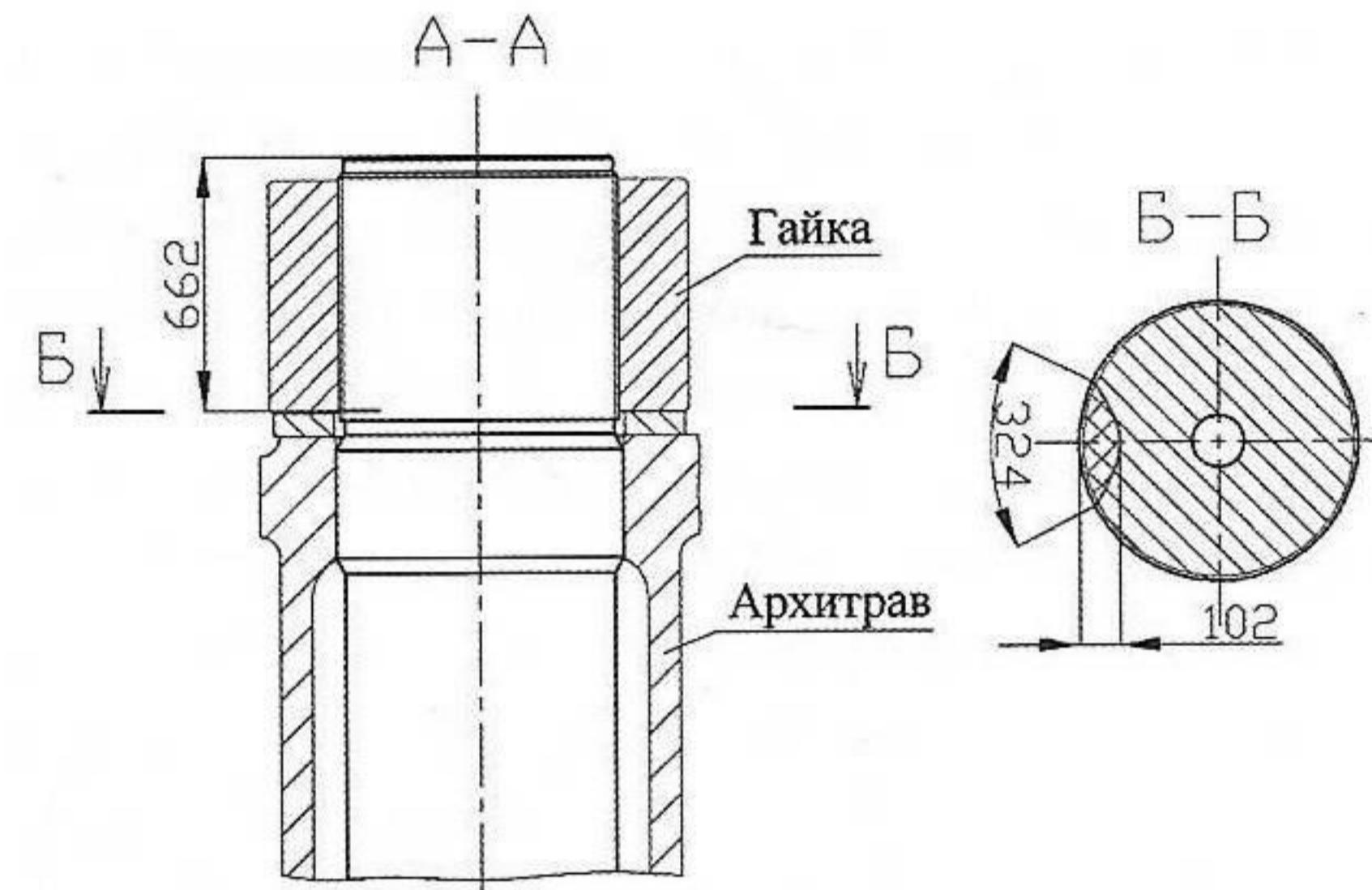


Рис. 4. Схема расположения и размеры трещины в колонне пресса усилием 60 МН

(рис. 4). Расстояние от торца колонны до плоскости залегания трещины $h = 662$ мм. Длина трещины по дуге окружности резьбы 324 мм. Глубина по радиусу 102 мм. При дальнейшей эксплуатации неизбежно разрушение колонны. Необходимо изготовление новой колонны и ее замена.

- гидравлический пресс для производства древесно-волокнистых плит фирмы «Мейки» (Япония), рассчитанный на усилие 60 МН. Обнаружены трещины в трех из шести колонн в нижней внешней резьбе (рис. 5).

- гидравлический пресс силой 100 МН (УЗТМ). При обследовании стяжек архитрава пресса в одной из стяжек на расстоянии 1951 мм от верхнего торца обнаружена трещина во внутреннем резьбовом участке, развившаяся практически на всю площадь поперечного сечения стяжки (рис. 6). Во время планового предупредительного ремонта стяжка была заменена. Своевременные обнаружение дефекта и замена детали предотвратили более серьезные последствия: в случае разрушения стяжки во время технологического процесса возможна, с высокой степенью вероятности, поломка соседних стяжек из-за возникающих динамических нагрузок, а кроме того, на замену разрушенной стяжки потребовался бы внеплановый останов производства.

В качестве технических решений, обеспечивающих неограниченную долговечность колонн, разработаны и предложены различные варианты внесения изменений в конструкции при изготовлении новых или при модернизации существующих, а также проведение терми-

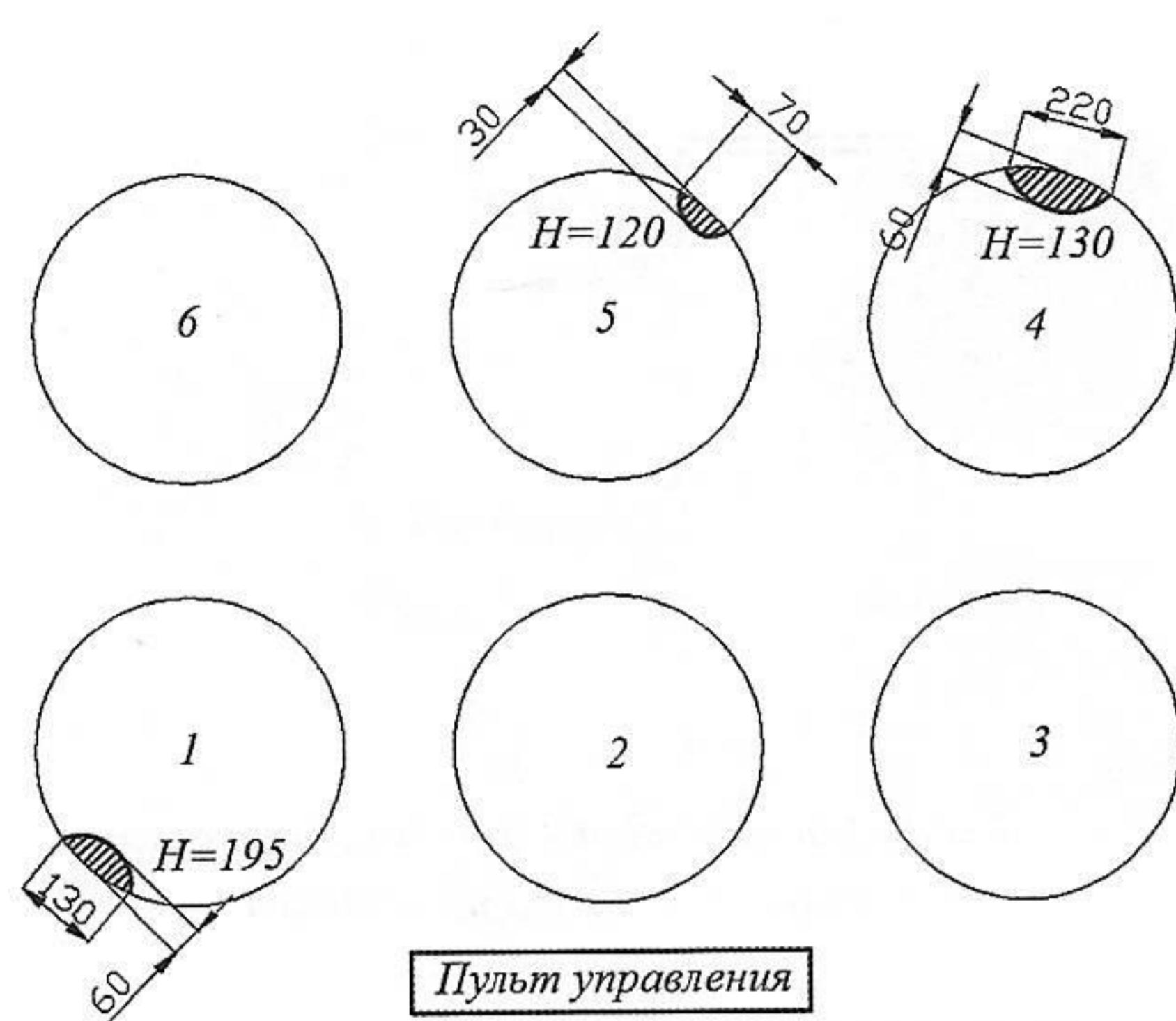


Рис. 5. Нумерация колонн пресса усилием 60 МН, схема расположения и характерные размеры трещин в нижней внешней резьбе колонн (H – глубина залегания трещины от торца колонны)

ческой затяжки гаек колонн по технологии, запатентованной фирмой «Надежность ТМ».

ЦИЛИНДРЫ

Мощные гидравлические прессы для обработки материалов давлением развиваются самые большие среди технологических машин усилия. Эти усилия создаются рабочими цилиндрами, в которые подается рабочая жидкость высокого давления. В гидравлических прессах в зависимости от их конструкции и назначения могут быть один, два или более рабочих цилиндров, общее усилие которых и определяет усилие пресса. Необходимость создания больших усилий в ограниченных объемах рабочих цилиндров вызывает в зонах конструктивных концентраторов напряжений (галтели фланца и днища, отверстия для подвода рабочей жидкости) нагрузки, превышающие предел выносливости материала цилиндров. Концентраторы напряжений, в зоне которых возникают и начинают развиваться усталостные трещины, расположены в недоступных для наблюдения местах. Это приводит к тому, что повреждение обнаруживается внезапно, или при полном разрушении цилиндра (рис. 7), или при длине трещины, исключающей возможность его дальнейшей эксплуатации [5].

Расчеты цилиндров, проведенные методом конечных элементов, показали, что максимальные напряжения возникают на поверхности галтелей фланца и днища (рис. 8).

На рис. 9 показана схема распространения трещины в днище цилиндра усилием 50 МН, работающего в линии производства железнодорожных колес, обнаруженной во время экспертизы состояния цилиндра посредством УЗК [6]. Возникновение и распространение трещины оставались незамеченными до выхода трещины на внешнюю поверхность стенки цилиндра и начала интенсивного истечения рабочей жидкости. Размеры и ориентация трещин получены методом УЗК после демонтажа цилиндра во время капитального ремонта пресса. Трещина имела значительную площадь, поэтому цилиндр был признан не подлежащим восстановлению.

Экспертиза состояния рабочих цилиндров гидравлического пресса усилием 200 МН для окончательной формовки нефтегазовых труб, проведенная с применением УЗК во время планового предупредительного ремонта без

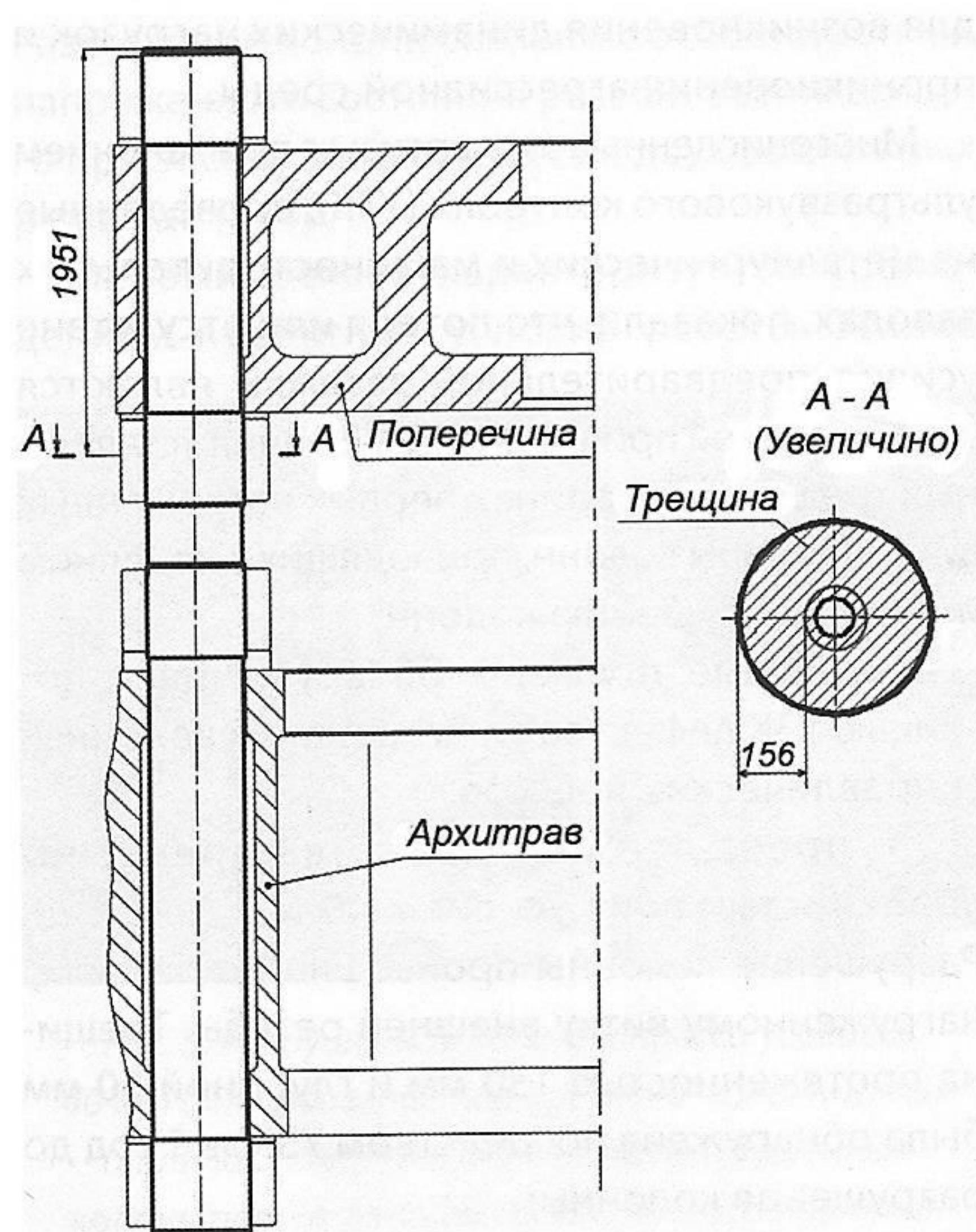


Рис. 6. Расположение и размеры дефекта в стяжке пресса усилием 100 МН



Рис. 7. Разрушения цилиндра

демонтажа цилиндра, выявила в одном из шести цилиндров трещину в галтели фланца (рис. 10). Для предупреждения дальнейшего развития трещины и полного разрушения с отрывом фланца цилиндр был демонтирован.

В рабочем цилиндре усилием 10 МН пресса для производства древесно-волокнистых плит отверстие для подвода рабочей жидкости имеет диаметр 68 мм. При проведении ультразвукового обследования в отверстии была обнаружена трещина размером 10 × 4 мм. После зачистки наличие трещины обнаруживалось визуально. При проведении ремонта предполагаемые размеры трещины полностью подтвердились.

В качестве технических решений, обеспечивающих неограниченную долговечность цилиндров, разработаны и предложены запатентованные фирмой «Надежность ТМ» конструкции цилиндров, позволяющие сохранить или увеличить номинальное усилие.

Периодическая дефектоскопия рабочих цилиндров в процессе эксплуатации методом ультразвукового контроля дает возможность выявить трещины на ранних стадиях развития, своевременно провести ремонт цилиндров и обеспечить возможность их дальнейшей эксплуатации без уменьшения номинального усилия.

ПОПЕРЕЧИНЫ

Поперечины прессов изготавливают главным образом из литой стали 35Л. Отказы поперечин вызваны возникновением и развитием усталостных трещин на контурах

технологических и конструктивных отверстий во внутренних ребрах, внешних стенках и растянутых пластинах [7]. В ряде случаев поперечины существующих прессов, а также многие поперечины, устанавливаемые для замены разрушенных, имеют составную конструкцию. Для таких поперечин прочность и долговечность определяются в значительной степени обеспечением совместности работы отдельных частей.

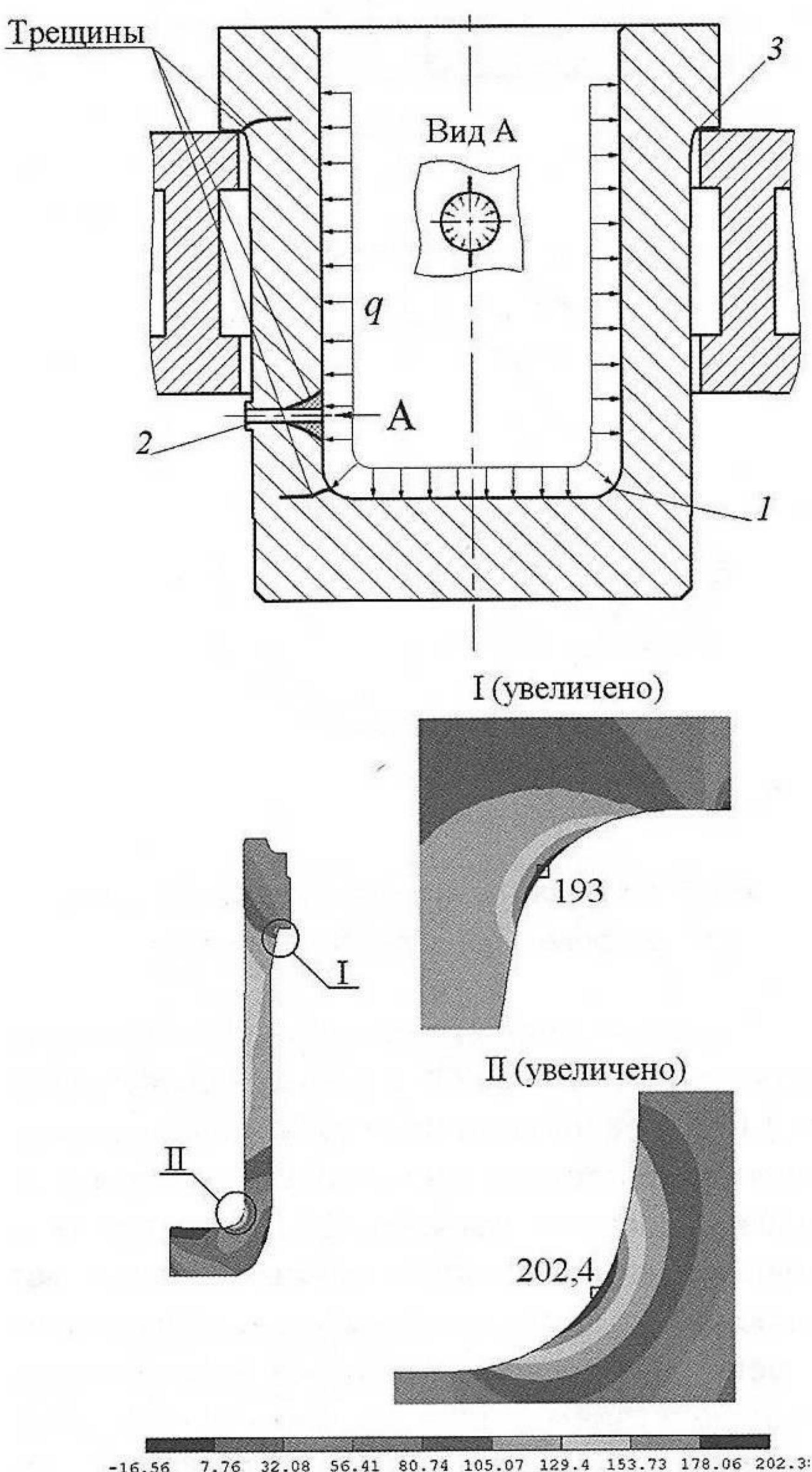


Рис. 8. Схема рабочего цилиндра гидравлического пресса с фланцевым опиранием и расположения зон с максимальными напряжениями: 1 – галтель днища; 2 – отверстие для подвода рабочей жидкости; 3 – галтель фланца

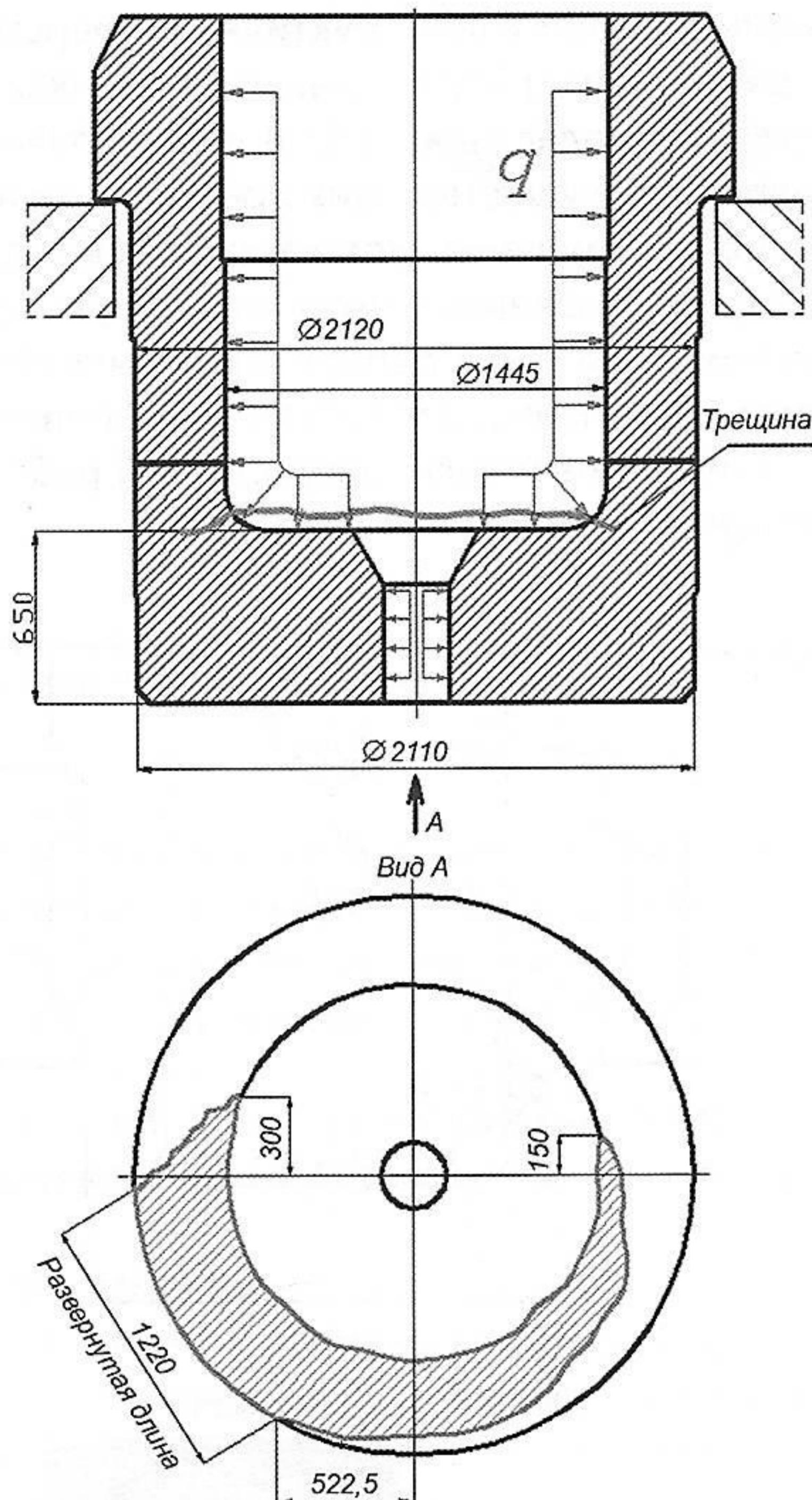


Рис. 9. Схема расположения трещины в днище рабочего цилиндра усилием 50 МН

На рис. 11 показана подвижная поперечина пресса усилием 150 МН и схема ее разрушения [3]. Поперечина состоит из трех продольных балок коробчатого сечения, стянутых шпильками. Общая масса поперечины 180 т, масса средней балки 95 т. Совместность работы обеспечивают шпоночные выступы и пазы балок, а также силы трения на плоскостях разъема, возникающие под действием усилия затяжки стяжных шпилек. До момента обнаружения трещины при обследовании неразрушающими методами контроля пресс проработал около 30 лет, выполнив за это время более 12 млн нагрузений. Номинальные напряжения в опасном сечении при совместной работе всех трех частей равны 50 МПа. Максимальные напряжения с учетом

их концентрации на контурах отверстий в растянутом поясе не превышают 125 МПа, что меньше предела выносливости материала поперечины. Разрушение поперечины вызвано нарушением совместности работы отдельных ее частей. При передаче усилия крайних цилиндров только одной средней балкой номинальные напряжения в ней возрастают вдвое, а максимальные напряжения на контуре отверстия достигают 250 МПа, что значительно выше предела выносливости литой стали. Отмечены и другие места возникновения трещин в составных поперечинах, например в зонах угловых переходов шпоночных пазов.

К настоящему времени для всех поперечин гидравлических прессов установлены вполне

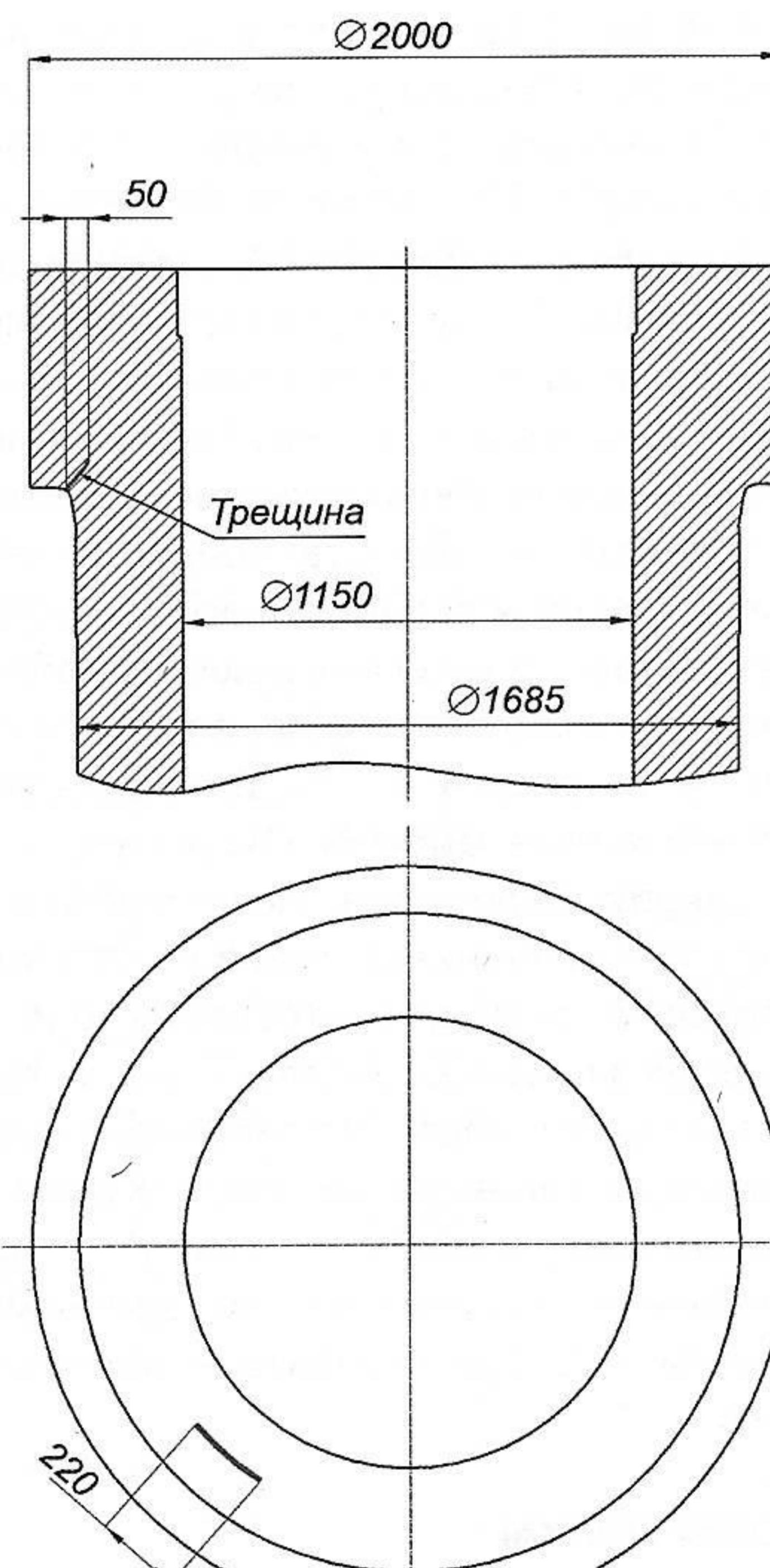


Рис. 10. Расположение и размер дефекта, обнаруженного в галтели фланца рабочего цилиндра усилием 33,3 МН

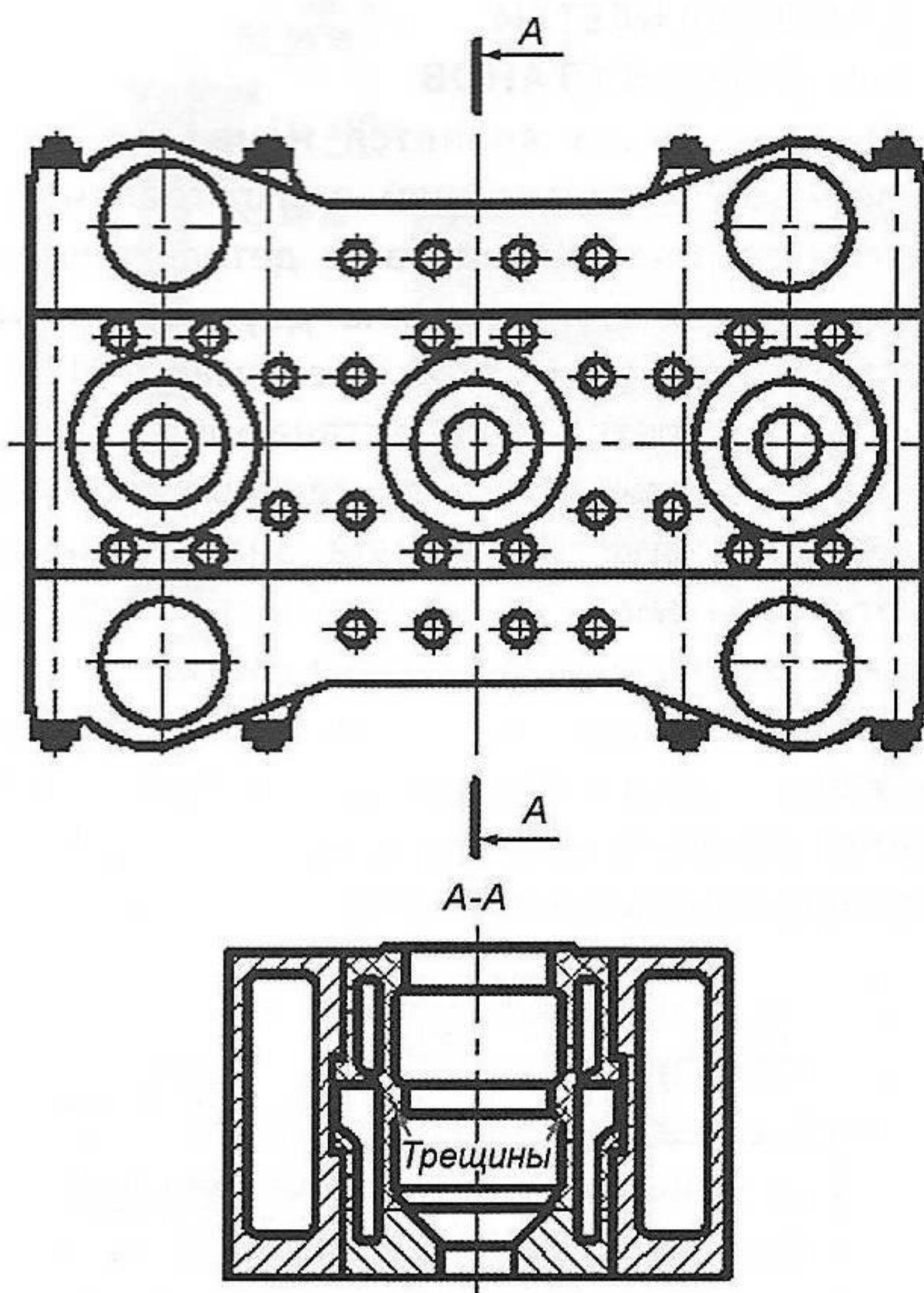


Рис. 11. Разрушение составной подвижной поперечины пресса усилием 150 МН

определенные зависимости, связывающие возникновение усталостных трещин с напряженным состоянием детали и прочностными характеристиками материала. Это позволяет ставить и решать задачи прогнозирования надежности и предупреждения отказов базовых деталей.

На рис. 12 показана подвижная поперечина пресса усилием 100 МН. Результаты расчетов позволяют утверждать, что на контурах отверстий во внутренних ребрах уже возникли трещины, развитие которых приведет к разрушению поперечины. Малый диаметр отверстий во внешних стенках не позволял проникнуть во внутренние полости и обследовать состояние контуров отверстий. Для обеспечения доступа во внутренние полости отверстия во внешних торцевых стенках разделили с помощью автогена. Последующее обследование выявило трещины большой протяженности.

В качестве технических решений, обеспечивающих неограниченную долговечность

поперечин, разработаны и предложены различные варианты внесения изменений в конструкции при изготовлении новых или при модернизации существующих.

РАВНОМЕРНОСТЬ НАГРУЖЕНИЯ КОЛОНН С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ФАКТИЧЕСКОГО УСИЛИЯ, СОЗДАВАЕМОГО ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРЕССОМ

Создаваемое усилие является важнейшим параметром пресса, которое, наряду с его конструкцией, характеризует технологические возможности оборудования, а также определяет требования к прочности и долговечности базовых деталей.

Номинальное усилие пресса $P_{ном}$ определяется площадью плунжеров цилиндров и давлением p рабочей жидкости:

$$P_{ном} = p \cdot \sum_{i=1}^N A_i, \quad (1)$$

где: N – число плунжеров цилиндров;
 A_i – площадь i -го плунжера.

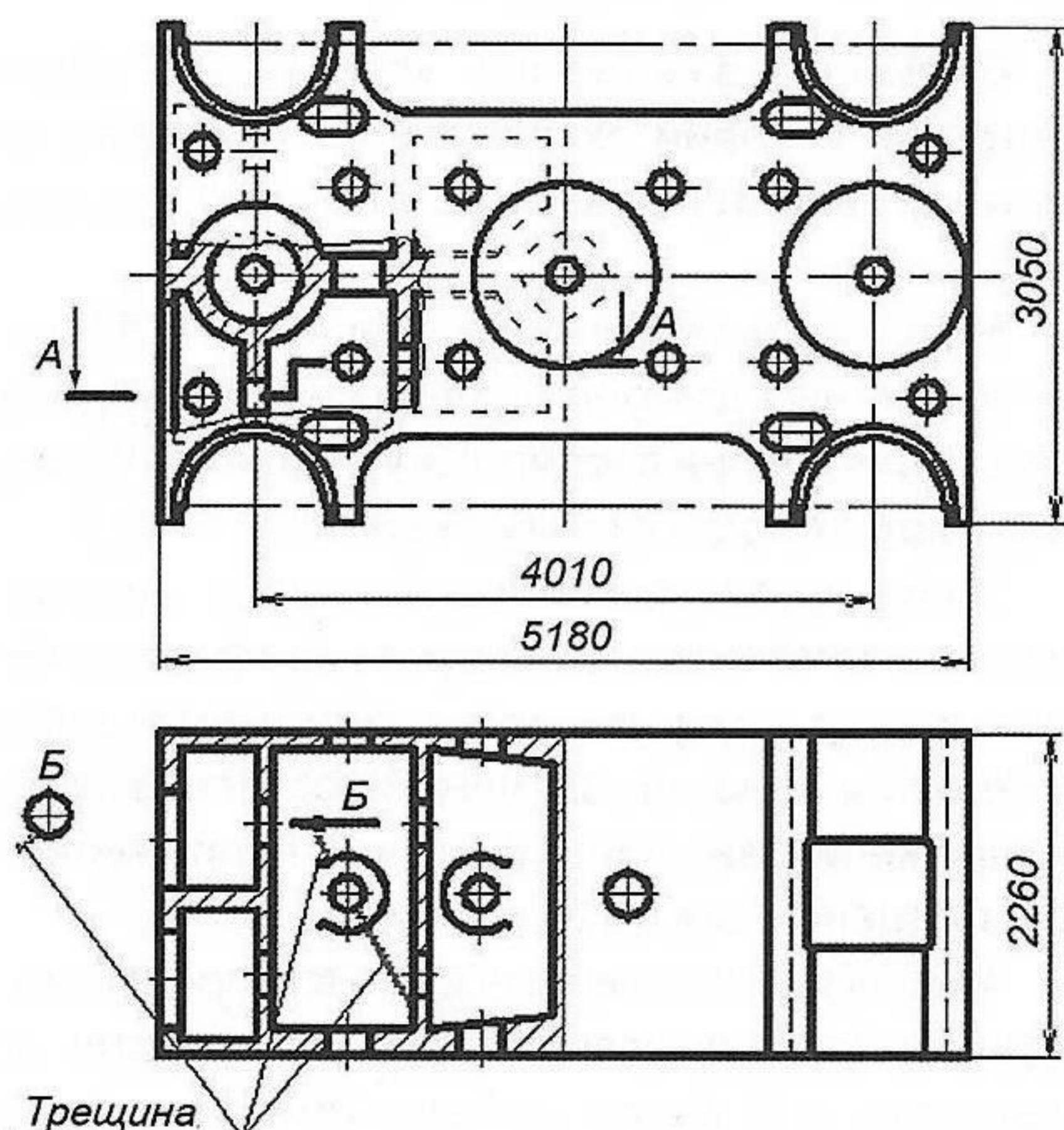


Рис. 12. Трещины в подвижной поперечине пресса усилием 150 МН

В паспорте пресса номинальное усилие обычно округляется до целых значений.

При работе фактическое усилие, развивающееся прессом, несколько меньше номинального из-за потерь, обусловленных трением в механических и гидравлических системах пресса.

Фактическое усилие пресса можно определить методом электротензометрии [8], с использованием колонн пресса, путем измерения возникающих в них деформаций.

Для этого на каждую колонну в диаметрально противоположном направлении устанавливается пара тензодатчиков на определенном расстоянии h от торца внутренних гаек колонн (рис. 13).

По полученным в результате замеров значениям напряжений σ_1 и σ_2 определяется усилие, действующее в каждой колонне:

$$P_k = \frac{1}{2} A (\sigma_1 + \sigma_2), \quad (2)$$

где: A – площадь поперечного сечения колонны.

Фактическое усилие пресса P_{np} определяется суммированием сил по всем колоннам:

$$P_{np} = \sum P_k. \quad (3)$$

Одним из важнейших показателей соответствия условий эксплуатации пресса проектным является равномерность нагружения его колонн.

Метод электротензометрии является наиболее точным для определения напряженного состояния колонн в натурных условиях с учетом динамики процесса нагружения.

Увеличивая количество датчиков, устанавливаемых на колонне диаметрально противоположно друг другу, получают, помимо средних в сечении колонны значений растягивающих напряжений, значения изгибных напряжений, распределенных по ее контуру.

Используя полученные данные, определяют, соответствуют ли условия эксплуатации пресса проектным. В качестве регистрирующей аппаратуры при проведении тензометрических работ используется специальный измерительный многоканальный комплекс.

СТАНИНЫ КЛЕТЕЙ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Станина клети является наиболее металлоемкой и трудоемкой в изготовлении, транспортировке и монтаже деталью прокатного стана. Так, станина двухклетевого непрерывного стана 2800 имеет массу 115 т, станина четырехклетевого стана 5000 – 330 т. Практика показывает, что длительные простой линий производства проката, значительные расходы на ремонт и запасные части вызваны именно разрушением станины клети.

Расчеты методом конечных элементов показывают, что в станинах клетей прокатных станов максимальные напряжения, нередко превышающие предел выносливости материала

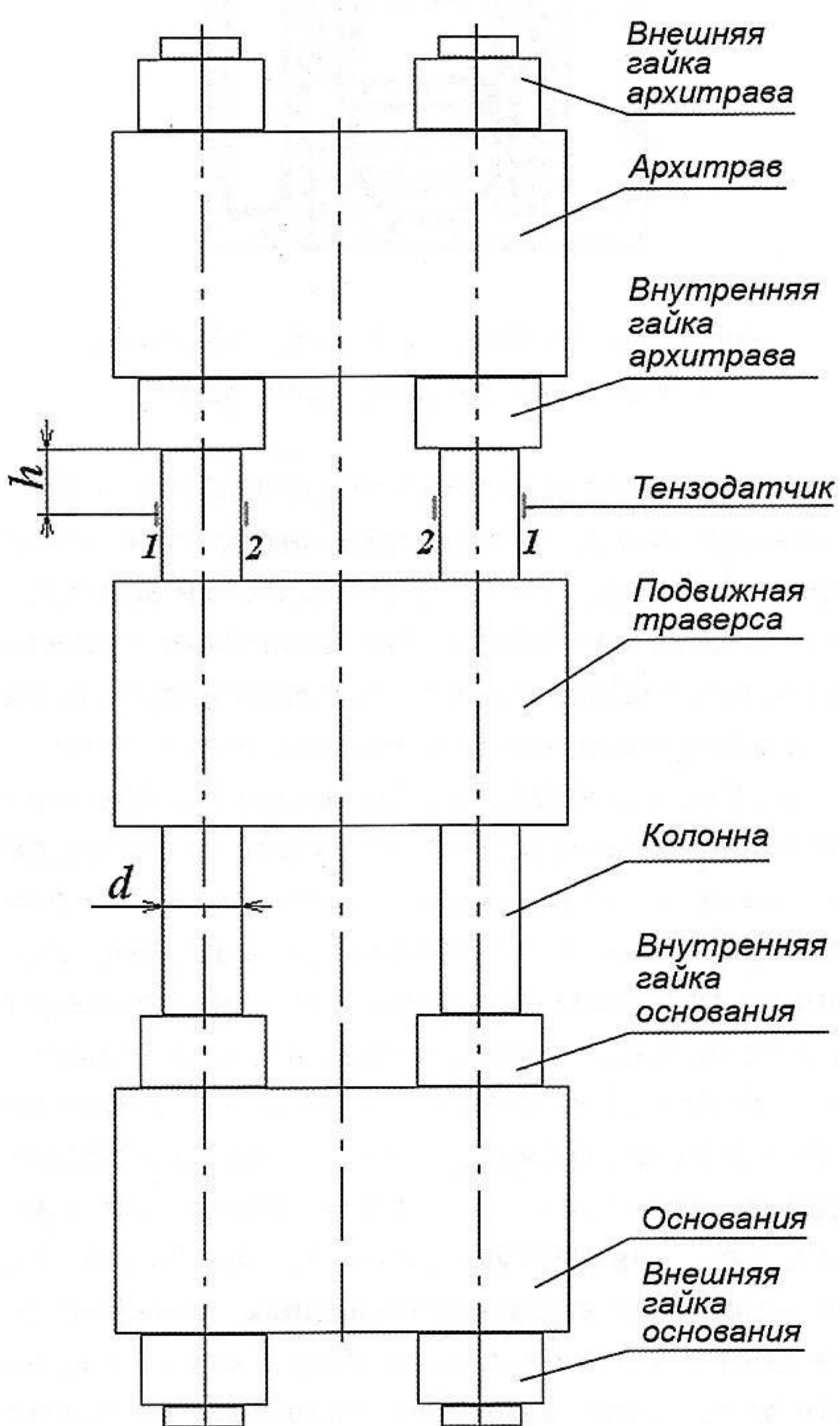


Рис. 13. Схема установки тензодатчиков на колонны пресса

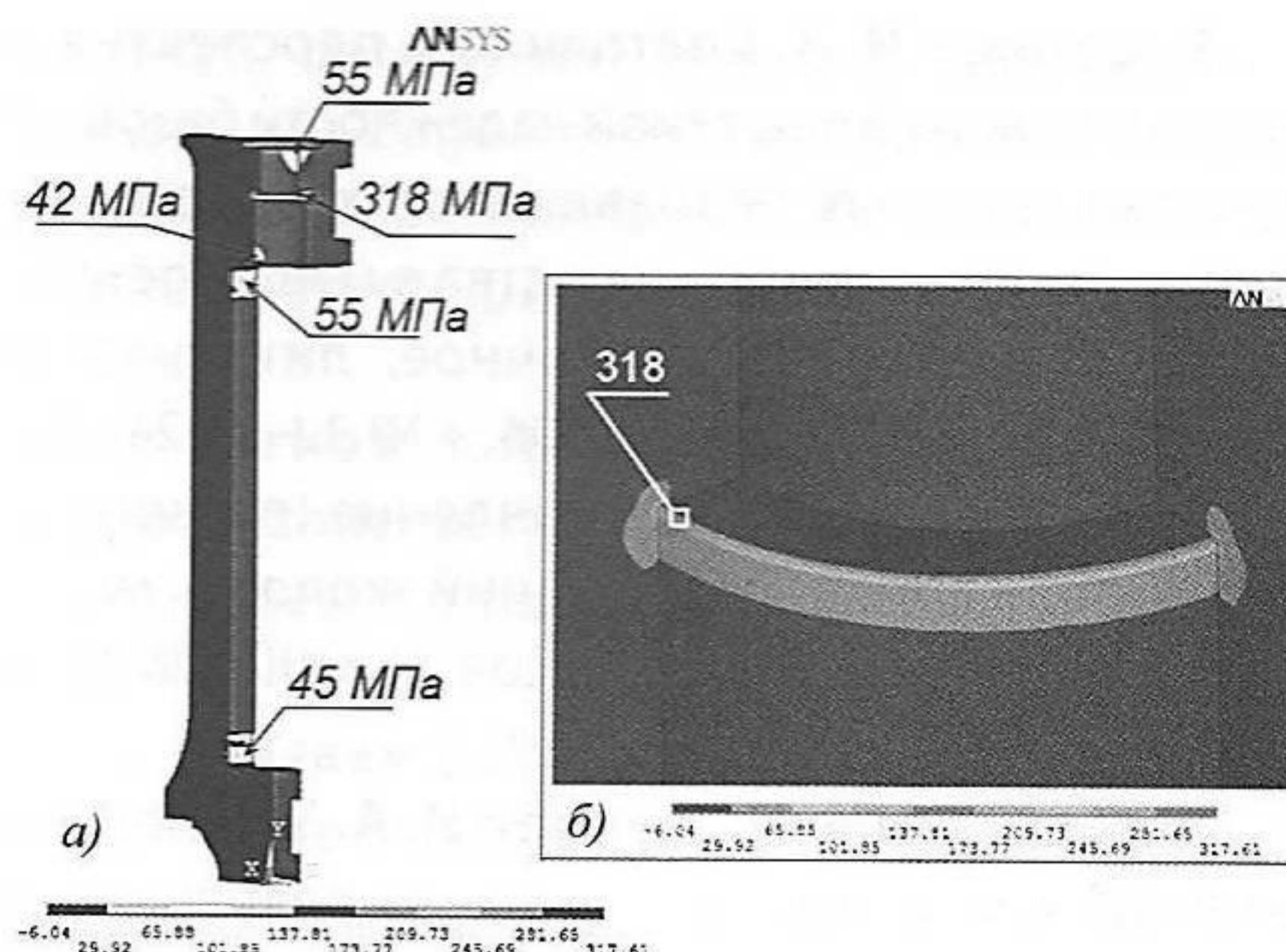


Рис. 14. Поле первых главных напряжений s_1 (МПа) в станине (а) и радиусной галтели (б) стана 1700 при усилии прокатки 20 МН

станины, возникают в верхней поперечине на поверхности радиусной галтели в месте перехода контактной площадки станины с гайкой нажимного винта в вертикальную круговую поверхность отверстия под гайку нажимного винта. В остальных зонах концентрации напряжений действующие нагрузки имеют значения, при которых обеспечивается неограниченная долговечность станин. Следует отметить, что поверхность радиусной галтели, в которой возникают максимальные напряжения, недоступна для прямого наблюдения, поэтому возникновение и рост усталостной трещины длительное время остаются незамеченными и обычно проявляются внезапным разрушением, наступающим при достижении трещиной критического размера.

Станины клети № 2 непрерывного стана 1700, произведенные НКМЗ, введены в эксплуатацию в 1959 г., а экспертиза состояния проведена только в 2008 г., т. е. спустя почти 50 лет эксплуатации [9]. На первом этапе экспертизы, состоявшей из двух этапов, проведен расчет напряженного состояния станины и дана оценка запаса усталостной прочности. На втором этапе методами неразрушающего контроля выполнена дефектоскопия зон с высокими уровнями максимальных напряжений.

Исследование напряженного состояния и прочности станин показало, что в галтели верхней поперечины запас усталостной прочности

$n < 1$, что указывает на высокую вероятность возникновения трещины в этой зоне. На рис. 14 показаны результаты расчета методом конечных элементов станины клети № 2 непрерывного стана 1700. Номинальная технологическая нагрузка на клеть составляет 20 МН.

Обследование зоны галтели верхней поперечины методами неразрушающего контроля после демонтажа нажимного устройства выявило в одной из станин клети усталостную трещину большой протяженности и глубины: проекция трещины по вертикали – 20 мм, по горизонтали – 9 мм (рис. 15). В окружном направлении трещина распространяется на 43 град.

Таким образом, сделанное ранее предположение для оборудования рассматриваемого типа о существовании определенной закономерности возникновения трещин в зонах концентрации напряжений с запасом усталостной прочности $n < 1$, основанное на теоретических исследованиях, полностью подтверждено результатами неразрушающего контроля.

В качестве технического решения, обеспечивающего неограниченную долговечность станин клетей прокатных станов, фирма «Надежность ТМ» разработала и предлагает для внедрения запатентованную конструкцию станины, позволяющую поддерживать на

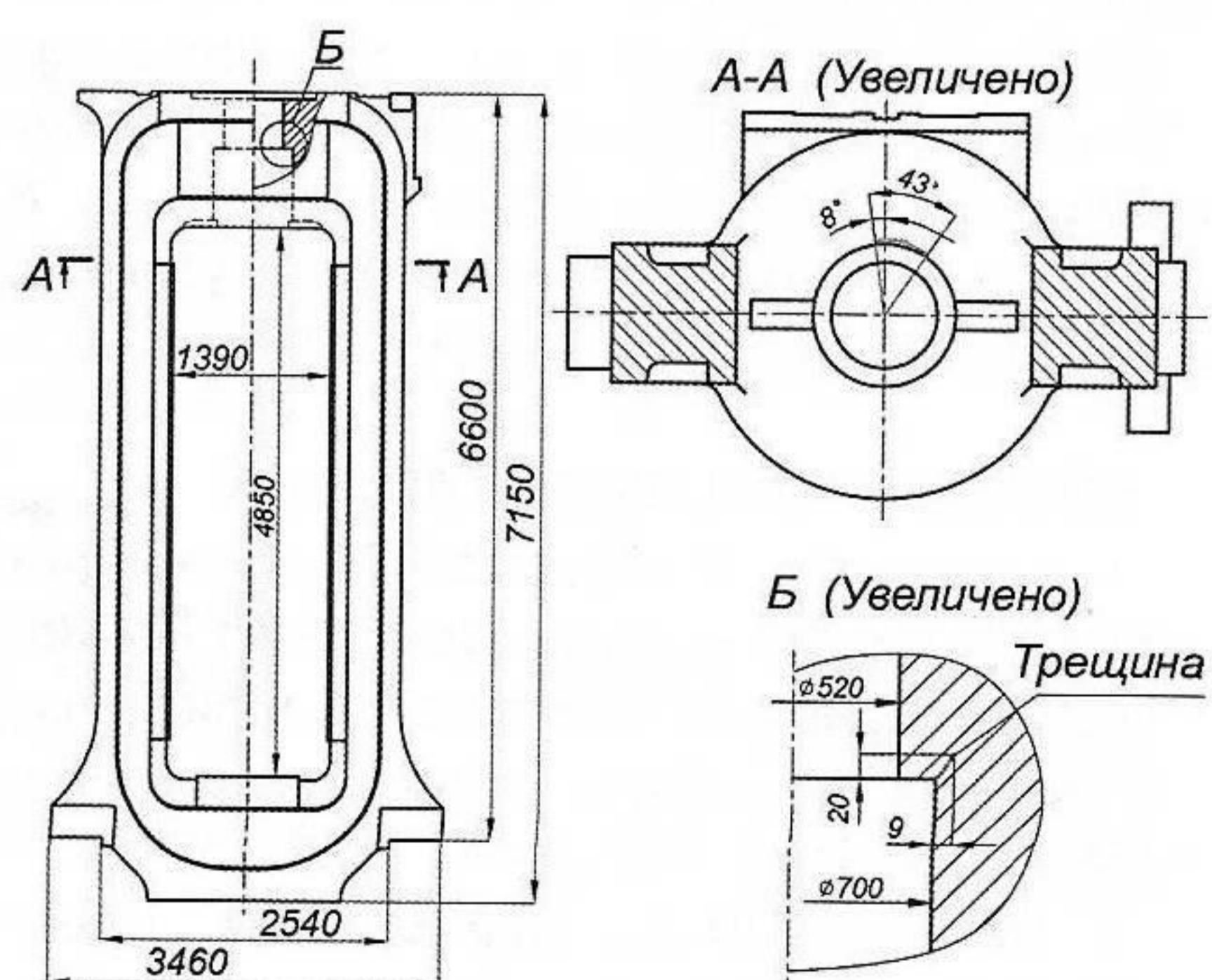


Рис. 15. Трещина в радиусной галтели верхней поперечины станины клети № 2 непрерывного стана 1700

60 Ремонт, обслуживание и модернизация оборудования

требуемом уровне или увеличить номинальное усилие прокатки.

ВЫВОДЫ

1. Опыт эксплуатации тяжелых металлургических машин показывает, что длительные простои производства, значительные расходы на ремонт и запасные части связаны с внезапными разрушениями их базовых деталей, вызванными усталостными трещинами.

2. Внезапность разрушения объясняется как недоступностью мест возникновения трещин для наблюдения, так и отсутствием информации о запасах усталостной прочности в зонах концентраторов напряжений.

3. Предупреждение внезапных разрушений должно осуществляться на основе разработанных и широко применяемых методов экспертизы фактического состояния базовых деталей с установлением запасов усталостной прочности в зонах концентраторов напряжений.

4. Периодически проводимая дефектоскопия базовых деталей методом ультразвукового контроля дает возможность выявлять трещины на ранних стадиях развития, своевременно проводить ремонт деталей без нежелательных последствий для номинального усилия машины.

5. Тензометрические исследования натурных (действующих) конструкций metallurgicheskikh машин позволяют определить с достаточной точностью напряженное состояние базовых деталей с учетом динамики реального технологического процесса, а также определить, соответствуют ли условия эксплуатации машин проектным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семичев Ю. С., Сурков И. А. О своевременности работ по предупреждению аварий мощных гидравлических прессов, вызванных «внезапным» разрушением базовых деталей // КШП-ОМД. – 2012. – № 10. – С. 29–36.

2. Семичев Ю. С., Сурков И. А. Предупреждение аварий тяжелых металлургических машин, вызванных разрушением их базовых деталей // Тяжелое машиностроение. – 2012. – № 8. – С. 16–21.

3. Сурков И. А. Состояние и перспективы обеспечения прочностной надежности базовых деталей мощных гидравлических прессов // Заготовительные производства в машиностроении. Кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства. – 2004. – № 3. – С. 24–28.

4. Сурков И. А. Установление причин и предупреждение разрушений колонн мощных гидравлических прессов // КШП-ОМД. – 2004. – № 3. – С. 42–45.

5. Моисеев А. П., Сурков И. А. Установление причин и предупреждение разрушений цилиндров мощных гидравлических прессов // КШП-ОМД. – 2004. – № 5. – С. 42–45.

6. Капускин Ю. И., Моисеев А. П., Сурков И. А., Тимохин И. В. Контроль методом ультразвуковой дефектоскопии рабочих цилиндров мощных гидравлических прессов // В мире НК. – 2009. – № 3. – С. 22–24.

7. Коркин Н. П., Кулагин Д. А., Моисеев А. П., Сурков И. А. Анализ отказов, предупреждение разрушений и восстановление базовых деталей мощных гидравлических прессов // Технология легких сплавов. – 2006. – № 1–2. – С. 181–189.

8. Кулагин Д. А., Сурков И. А., Тимохин И. В. Определение реальной силы мощных гидравлических прессов с учетом механических и гидравлических потерь // КШП-ОМД. – 2010. – № 7. – С. 35–36.

9. Семичев Ю. С., Сурков И. А. Экспертиза состояния и обеспечение прочностной надежности станин прокатных станов // Сталь. – 2012. – № 8. – С. 47–49.

BIBLIOGRAFICHESKIJ SPISOK

1. Semichev Ju. S., Surkov I. A. O svoevremennosti rabot po preduprezhdeniju avariij moshhnyh gidravlicheskih pressov, vyzvannyh «vnezapnym» razrusheniem bazovyh detalej // KShP-OMD. – 2012. – № 10. – S. 29–36.

2. Semichev Ju. S., Surkov I. A. Preduprezhdenie avariij tjazhelyh metallurgicheskikh mashin, vyzvannyh razrusheniem ih bazovyh detalej // «Tjazheloe mashinostroenie». – 2012. – № 8. – S. 16–21.

3. Surkov I. A. Sostojanie i perspektivy obespechenija prochnostnoj nadezhnosti

bazovyh detalej moshhnyh gidravlicheskih pressov // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. Kuznechno-shtampovochnoe, litejnoe i drugie proizvodstva. – 2004. – №3. – S. 24–28.

4. **Surkov I. A.** Ustanovlenie prichin i preduprezhdenie razrushenij kolonn moshhnyh gidravlicheskih pressov // KShP-OMD. – 2004. – № 3. – S. 42–45.

5. **Moiseev A. P., Surkov I. A.** Ustanovlenie prichin i preduprezhdenie razrushenij cilindrov moshhnyh gidravlicheskih pressov // KShP – OMD. – 2004. – № 5. – S. 42–45.

6. **Kapuskin Ju. I., Moiseev A. P., Surkov I. A., Timohin I. V.** Kontrol' metodom ul'trazvukovoj defektoskopii rabochih cilindrov moshhnyh

gidravlicheskih pressov // V mire NK. – 2009. – № 3. – S. 22–24.

7. **Korkin N. P., Kulagin D. A., Moiseev A. P., Surkov I. A.** Analiz otkazov, preduprezhdenie razrushenij, i vosstanovlenie bazovyh detalej moshhnyh gidravlicheskih pressov // Tehnologija legkih splavov. – 2006. – № 1–2. – S. 181–189.

8. **Kulagin D. A., Surkov I. A., Timohin I. V.** Opredelenie real'noj sily moshhnyh gidravlicheskih pressov s uchetom mehanicheskikh i gidravlicheskih poter' // KShP-OMD. – 2010. – № 7. – S. 35–36.

9. **Semichev Ju. S., Surkov I. A.** Jekspertiza sostojanija i obespechenie prochnostnoj nadezhnosti stanic prokatnyh stanov // «Stal'» – 2012. – № 8. – S. 47–49.

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКТОРОВ

<http://kb.panor.ru>

В каждом номере: новые системы автоматизированного проектирования и конструирования; современные программы и методы работы конструктора; организация, нормирование, оплата и охрана труда конструкторов; возможности сложных моделирующих операций в системе T-FLEX CAD 3D; особенности отечественной интегрированной системы ADEM-VX. Концепция журнала разработана в соответствии с должностной инструкцией главного конструктора; материалы раскрывают весь спектр вопросов, решаемых руководителем конструкторского бюро. Отдельный раздел посвящен передовому опыту эффективной работы отечественных и зарубежных конструкторских бюро, отделов, отраслевых НИИ, проектных отделов производственных предприятий и многому другому.

Наши эксперты и авторы: В. В. Шаталов, генеральный директор ОАО «КБ «Вымпел»; Г. П. Бирюков, генеральный конструктор КБ транспортного машиностроения; Ю. Г. Драгунов, директор — генеральный конструктор ОКБ «Гидропресс»; И. Н. Серов, заместитель генерального директора ЦКБ СПК; В. А. Антюфеев, генеральный дирек-

тор КБ «Спецтехника»; В. П. Дыдычин, генеральный директор ЗАО «НПФ «ЦКБА»; М. Г. Черниковский, главный конструктор КБ «Агава»; сотрудники КБ «А-Лазер», КБ «Росметалл» и многие другие ведущие ученые и специалисты.

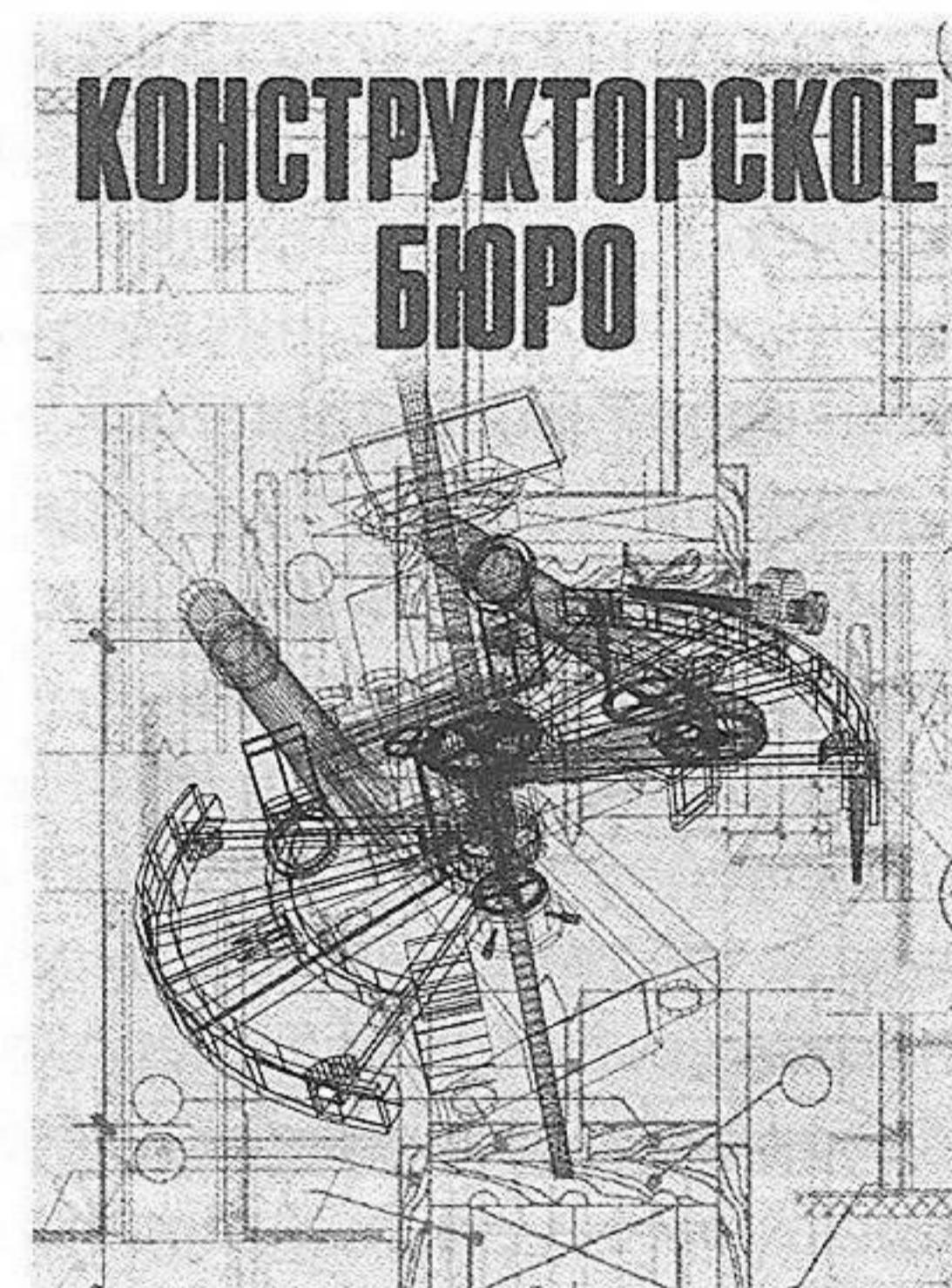
Издается при информационной поддержке Ассоциации механиков, Российской инженерной академии и Академии технических наук.

Ежемесячное издание. Объем — 80 с. Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Методология проектирования
- ТРИЗ на практике
- Инновации в технологии проектирования
- Взаимодействие со смежниками
- Испытание опытных образцов
- Доводка серийных изделий
- ИТ-технологии в проектировании
- Патентная экспертиза технических решений
- Из опыта НИИ и КБ
- Научные разработки и образцы (от теории к практике)
- Нормирование и оплата труда

КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО



индексы

99296

36391

На правах рекламы

Для оформления подписки через редакцию необходимо получить счет на оплату, прислав заявку по электронному адресу podpiska@panor.ru или по факсу (499) 346-2073, а также позвонив по телефонам: (495) 749-2164, 211-5418, 749-4273.