

ISSN 0131-1336

май 5/2010

# ФНМ ТЯЖЕЛОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

65 лет



ВНИИМЕТМАШ



# Увеличение ресурса и силы мощных гидравлических прессов металлургической промышленности России

И. А. Сурков, канд. техн. наук  
(ООО «Надежность Плюс»)

Гидравлические прессы входят в состав производств, составляющих основу оборонного и промышленного потенциала России. Большинство прессов находится в эксплуатации 30...40 лет и более, поэтому для обеспечения современных производственных требований необходимо обновление парка гидравлических прессов. Но самые мощные в мире прессы силой 750 МН, уникальные гидравлические прессы силой 300, 200, 150, 120 и 100 МН имеют массы, соответственно 20500, 6500, 2000, и 1000 т, габариты отдельных деталей достигают нескольких десятков метров. Создание подобных машин в сжатые сроки на современном этапе не может быть осуществлено по причинам экономического, организационного и технического характера.

Возможности ускоренного обновления парка тяжелых машин дают инновационные проекты, которые успешно используются в основных сферах экономики [1]. В данном случае инновационный подход необходимо использовать для обновления производства в оптимальные сроки при минимальных затратах. Своевременное внедрение инновационных проектов в широкую практику дает возможность освободиться от давления психологии догоняющей страны [2], перестать догонять и осуществить разработку и внедрение технических решений, работающих на опережение. Для установления основных направлений инновационного проекта обновления мощных гидравлических прессов рассмотрим технологические и конструктивные особенности этих прессов.

Во-первых, собственно гидравлические прессы, осуществляющие технологические процессы обработки давлением, не подвержены моральному старению. Физически и морально устаревают системы привода, управления и механизации, составляющие не более 20 % массы и стоимости собственно металлургического оборудования. Модернизация этих систем при сохранении существующих базовых деталей в кратчайшие сроки выводит металлоизделия машины и оборудование на современный уровень.

Во-вторых, базовые детали мощных гидравлических прессов для обеспечения допустимых уровней прочности и жесткости имеют массу и габариты, предельные по возможностям крупнейших машиностроительных заводов и транспорта. В общем случае создание единицы нового тяжелого гидропрессового оборудования, до 80 % массы и стоимости которого составляют базовые детали, требует весьма значительных средств и времени не менее 5...8 лет на проектирование и изготовление. В связи с большой стоимостью и длительными сроками изготовления базовые детали мощных гидравлических прессов должны быть сохранены для дальнейшей эксплуатации.

В-третьих, в отличие от других металлургических машин, основным технологическим параметром пресса является его сила, что определяет весьма высокий уровень механических напряжений в базовых деталях. Это приводит к тому, что наибольшее число отказов мощных гидравлических прессов с наиболее тяжелыми последствиями вызвано

разрушениями и параметрическими отказами базовых деталей.

Приведенные конструктивно-технологические особенности мощных гидравлических прессов показывают, что для обновления гидропрессового оборудования необходимо выполнение двух противоречивых требований. Первое — сохранить для дальнейшей эксплуатации базовые детали, которые составляют собственно пресс. Второе — базовые детали необходимо заменять, так как их разрушения и параметрические отказы составляют наибольшее число и с наиболее тяжелыми последствиями отказов мощных гидравлических прессов. Для устранения этого противоречия рассмотрим сначала причины отказов базовых деталей по данным заводов, на которых эксплуатируются прессы.

Анализ заводских актов расследования разрушений и параметрических отказов базовых деталей показал, что ни в одном из актов не сказано о связи отказов с конструктивно-технологическими ошибками изготовителя, нарушениями инструкций по монтажу и эксплуатации прессов. Специалисты металлургического завода считают оборудование, созданное крупнейшими машиностроительными заводами, отвечающим последнему слову науки и техники, и, следовательно, имеющим максимально достижимую для данного вида оборудования долговечность. В этом случае отказ после длительной эксплуатации (или после окончания гарантийного срока) воспринимается как естественное следствие исчерпания положенного ресурса. Бытует выражение «металл устал», что снимает необходимость



поиска причин отказов и обосновывает изготовление новой детали в первоначальном конструктивно-технологическом исполнении. В этом случае в детали (или узле) остаются все конструктивно-технологические ошибки, которые вызвали ее разрушение, и происходит повторный отказ. Цикл изготовления, поставки и монтажа литых и кованых базовых деталей, масса которых достигает сотен тонн, составляет от 1,5 до 3 лет, что вызывает соответствующий простой машин и технологических линий.

Сказанное подтверждает положение о том, что для металлургических заводов весьма острой является проблема обеспечения дальнейшей длительной безотказной работы базовых деталей мощных гидравлических прессов. Но здесь необходимо специально отметить, что машиностроительный завод не комплектует гидравлические прессы запасными базовыми деталями, что предполагает их безотказную работу до окончания срока морального износа оборудования. Для работников металлургического завода установление и предупреждение причин отказов базовых деталей не предусмотрены инструкцией по эксплуатации машин, не соответствуют их специализации и не входят в их штатные обязанности. Поэтому экспертиза состояния, предупреждение отказов и восстановление базовых деталей должны выполняться специализированными организациями.

Анализ разрушений, проведенный по данным литературных источников [3–5], показал, что основной их причиной являются усталостные трещины, вызванные высоким уровнем напряжений в зонах конструктивных концентраторов. Значительное число отказов связано также с формоизменением поверхностей силового контакта сопряженных базовых деталей, таких как зоны контакта деталей штамповочного набора и оснований, фланцев цилиндров и архитравов гидравлических прессов. С увеличением длительности эксплуатации увеличивается число отказов, так как происходит уменьшение запасов прочности по усталости и накопление поверхностных повреждений.

Установление причин отказов своевременно, до возникновения

необратимых изменений, достигается применением современных методов экспертизы состояния базовых деталей [6]. Технические решения, разработанные для всех классов базовых деталей, позволяют на месте в цеховых условиях устранить причины возможных отказов. При восстановлении разрушенных или поврежденных деталей вносятся конструктивно-технологические изменения [7, 8], повышающие прочность деталей и устрашающие возможности возникновения повторных отказов. Специально разработанные и находящиеся в промышленной эксплуатации мобильные расточно-наплавочные установки позволяют без демонтажа машин проводить восстановление поверхностей контакта крупногабаритных деталей (расточка, наплавка, расточка в размер круговых поверхностей диаметром до 2500 мм без ограничения длины, плоских поверхностей до  $4000 \times 8000$  мм). Отклонение фактических условий эксплуатации от проектных условий оцениваются действующими в режиме реального времени системами управления прочностными и технологическими параметрами прессов [9].

Широкое внедрение новых методических и конструктивно-технологических решений, устраивающих причины разрушений, обеспечивает безотказную работу базовых деталей на протяжении всего срока службы тяжелых машин. Увеличение срока службы базовых деталей действующих гидравлических прессов составляет новизну инновационного проекта, так как устраняется противоречие между необходимыми и фактическими сроками службы базовых деталей и снимается проблема физического старения мощных гидравлических прессов. Долговечность базовых деталей становится неограниченной, а их срок службы определяет только моральный износ машины.

Таким образом, в современных условиях инновационный проект обновления мощных гидравлических прессов включает в себя следующие этапы:

- обеспечение прочностной надежности базовых деталей действующих машин на дальнейший длительный период эксплуатации (остается в работе 80 % основных фондов);

- модернизация (или физическая замена) систем привода, управления и механизации, составляющих не более 20 % массы и стоимости собственно пресса и обеспечивающих современные производственные требования к прессу.

Выполнение этих этапов снимает проблемы физического и морального старения мощных гидравлических прессов. Покажем далее ряд характерных примеров предупреждения отказов и восстановления работоспособности базовых деталей и модернизации мощных прессов.

Ковочный пресс силой 60 МН конструкции ПО «Уралмаш» находится в эксплуатации с 1964 года. При проектных условиях работы сила прессования распределяется между подвижной поперечиной и штамповой плитой по всей площади их контакта. В процессе длительной эксплуатации произошло формоизменение поверхности подвижной поперечины в зоне контакта со штамповой плитой. При первоначальном контакте плиты и поперечины между ними остается зазор  $\Delta \approx 3$  мм (рис. 1). В результате этого формоизменения сила прессования от подвижной поперечины к штамповой плате передается по ограниченной площади вблизи плоскости симметрии. Изменение схемы нагружения по сравнению с проектной схемой вызвало увеличение напряжений в ребрах и привело к возникновению протяженных трещин на контурах технологических отвер-

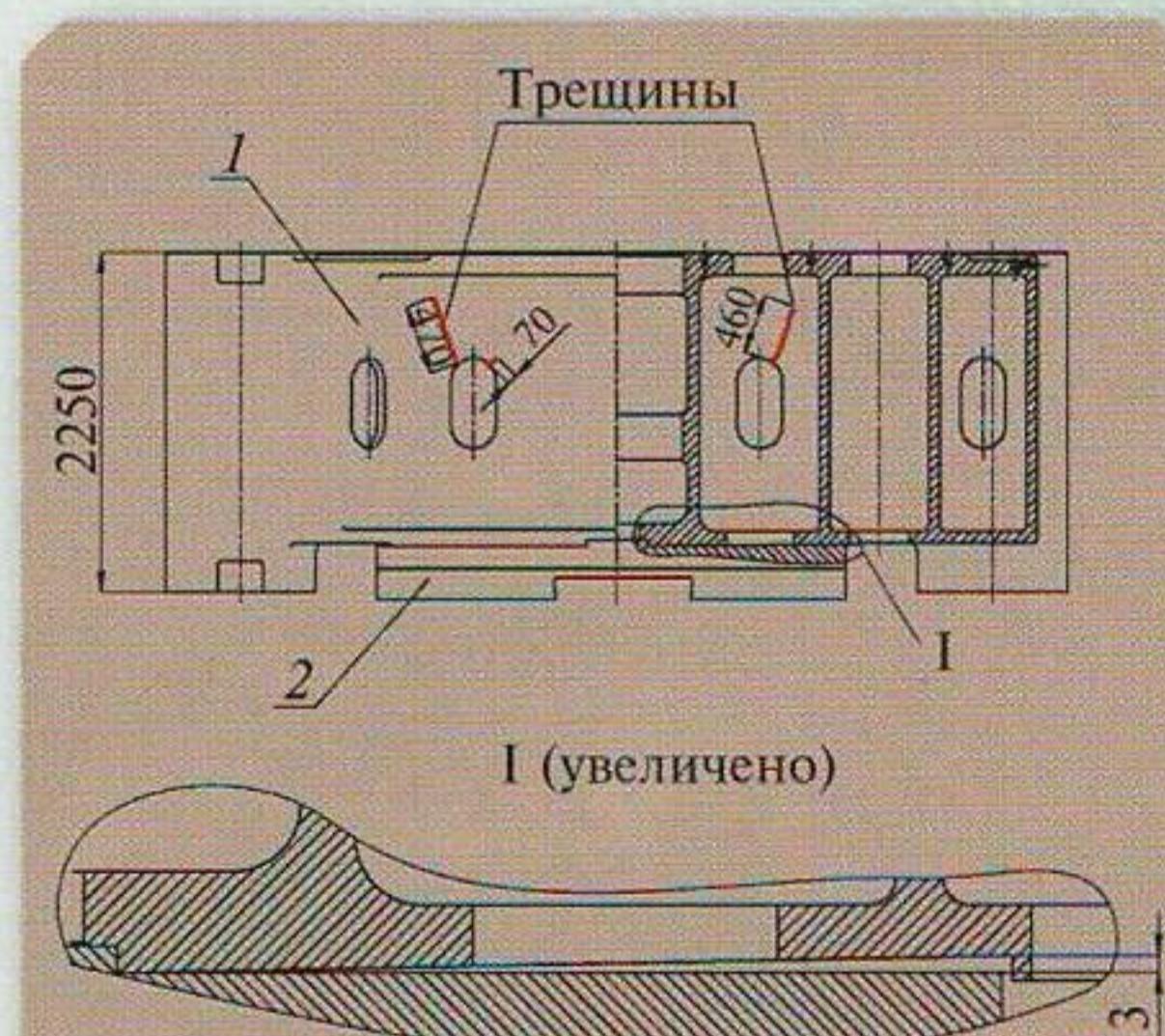


Рис. 1. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса силой 60 МН и формоизменение поверхности поперечины в зоне контакта со штамповой плитой:

1 — подвижная поперечина; 2 — штамповая плита



стий. Кроме того, формаизменение контактной поверхности подвижной поперечины существенно уменьшило технологические возможности пресса.

Предупреждение аварийной ситуации и восстановление проектных режимов эксплуатации пресса осуществлено разработкой и внедрением специального технического решения. На первом этапе была восстановлена поверхность подвижной поперечины в зоне контакта со штамповой плитой. Планировка контактной поверхности подвижной поперечины выполнена на месте без демонтажа пресса. На втором этапе с помощью специального стяжного устройства (рис. 2) проведено наноструктурирование контактной поверхности поперечины, что увеличило ее сопротивление поверхностному формуизменению и обеспечило совместную работу штамповой плиты и подвижной поперечины.

Модернизированная подвижная поперечина находится в эксплуатации с 1985 года, претензий к ее работе нет. Следует отметить, что успешная эксплуатация модернизированной поперечины обусловлена как конструкцией и величиной силы стяжного устройства, так и специальной технологией наноструктурирования контактных поверхностей штамповой плиты и попе-

речины, составляющими know how проекта.

Восстановление крупногабаритных кованых и литьих деталей с трещинами большой протяженности осуществляется сваркой по специальной технологии без предварительного подогрева и последующей термообработки деталей. На рис. 3 показан рабочий цилиндр силой 35 МН гидравлического пресса линии производства железнодорожных колес с трещиной в галтели днища, масса цилиндра 30,4 т. Протяженность трещины в окружном направлении составляет 1800 мм, максимальная глубина достигает 180 мм. Восстановление цилиндра необходимо было осуществить за семь суток, что определялось временем планового капитального ремонта высокопроизводительной линии производства железнодорожных колес.

Сварка по обычной технологии требовала предварительного подогрева материала до температуры не менее 250 °C. Заварка трещины вручную в стесненном пространстве, ограниченном предварительно подогретыми стенками цилиндра, невыполнима. Снижение температуры предварительного подогрева до пределов, допускающих ручную сварку, приводит после охлаждения детали к возникновению трещин по границе наплавленного и основного металла. В связи с этим для заварки трещины была применена специальная технология, которая позволяет выполнять сварочные работы на крупногабаритных деталях без предварительного подогрева и последующей термообработки. На рис. 4 показан рабочий момент заварки трещины в галтели днища цилиндра: сварщик находится внутри цилиндра, то есть сварка производится без предварительного подогрева материала.

Сварка проводилась непрерывно в течение семи суток. Цилиндр отработал 12 месяцев до следующего капитального ремонта, пройдя 750 000 циклов нагружений полной силой. Новая трещина усталости началась не в зоне сварки, а на противоположной стороне окружности днища.

Ковочный пресс силой 32 МН конструкции ПО «Уралмаш» в эксплуатации с 1970 года. В июле

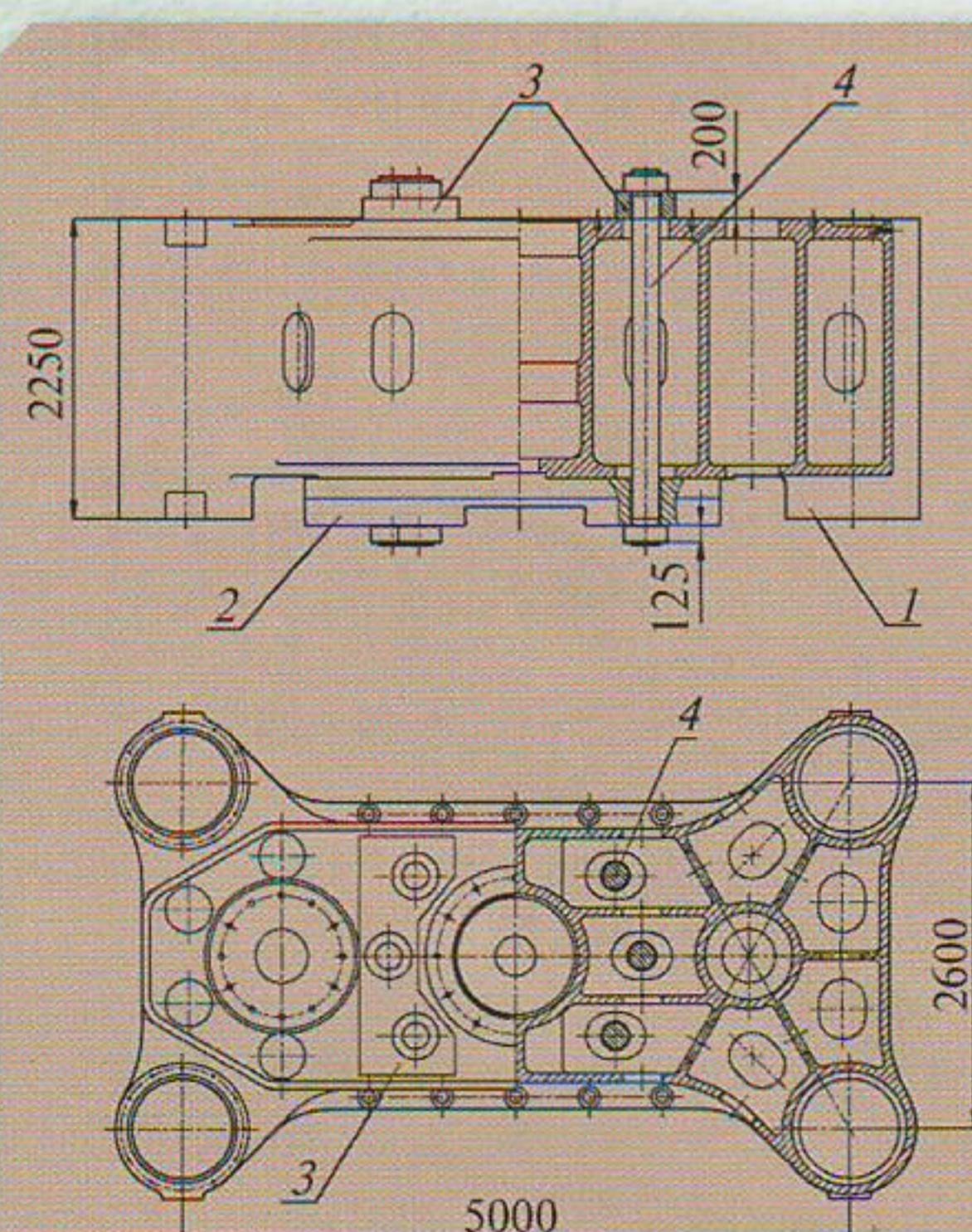


Рис. 2. Восстановление проектных режимов эксплуатации подвижной поперечины ковочного пресса силой 60 МН:  
1 — подвижная поперечина; 2 — штамповая плита; 3 — опорная балка; 4 — стяжные колонны с гайками

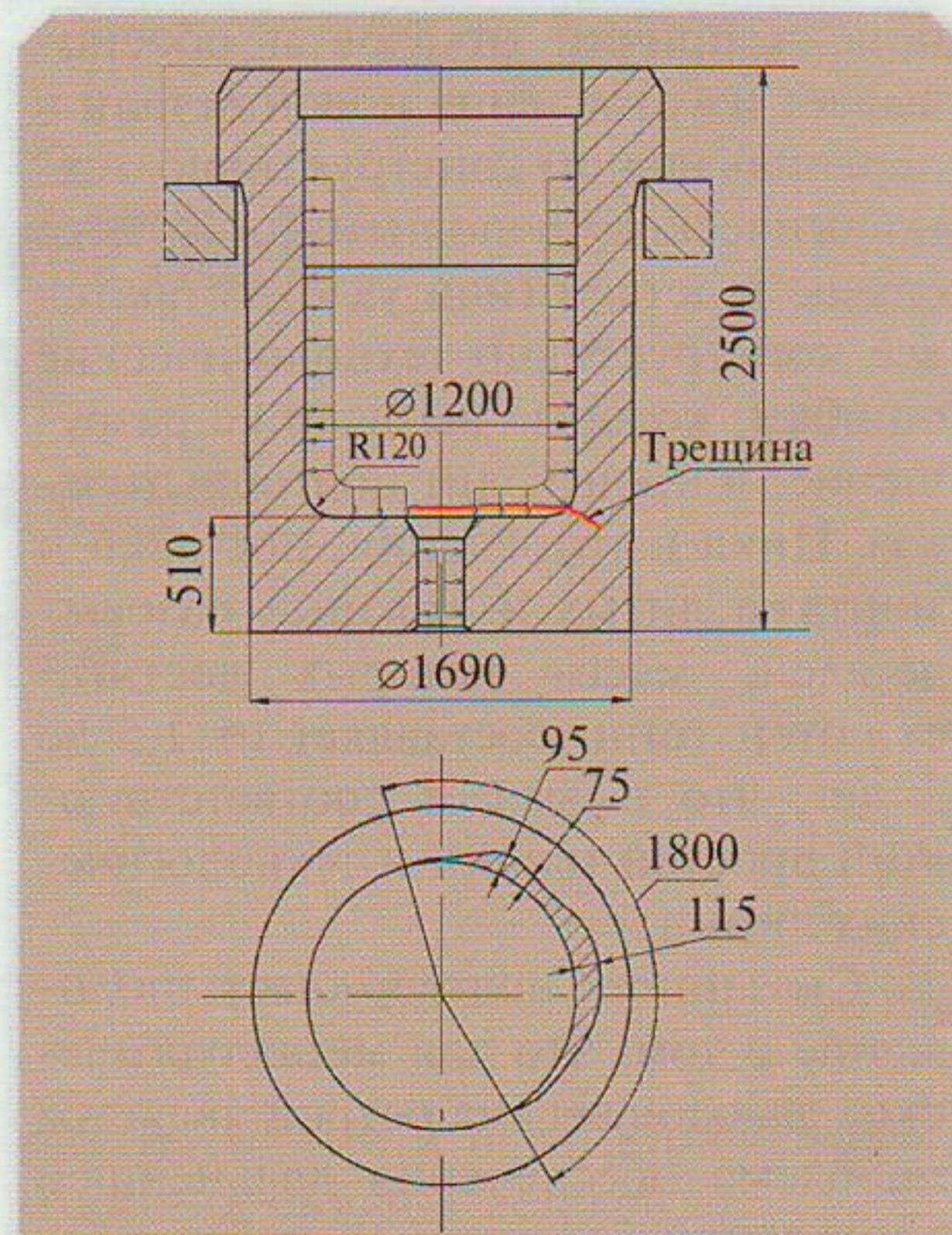


Рис. 3. Схема расположения и размер трещины в днище цилиндра силой 35 МН



Рис. 4. Рабочий момент заварки трещины в галтели днища цилиндра силой 35 МН

2008 года в подвижной поперечине пресса были обнаружены трещины большой протяженности (рис. 5). На продольных внешних стенках трещины начинались в верхней части вблизи вертикального ребра и проходили под углом по всей высоте до пазов в нижнем поясе поперечины. Стрела клинового формоизменения в центре нижней контактной поверхности поперечины достигала 10 мм.

Восстановление поперечины осуществлено сваркой на месте без демонтажа пресса. Разделка трещины под сварку показана рис. 6. После сварки проведена планировка контактной поверхности поперечины переносным мобильным фрезерным станком. Ремонт поперечины, вклю-

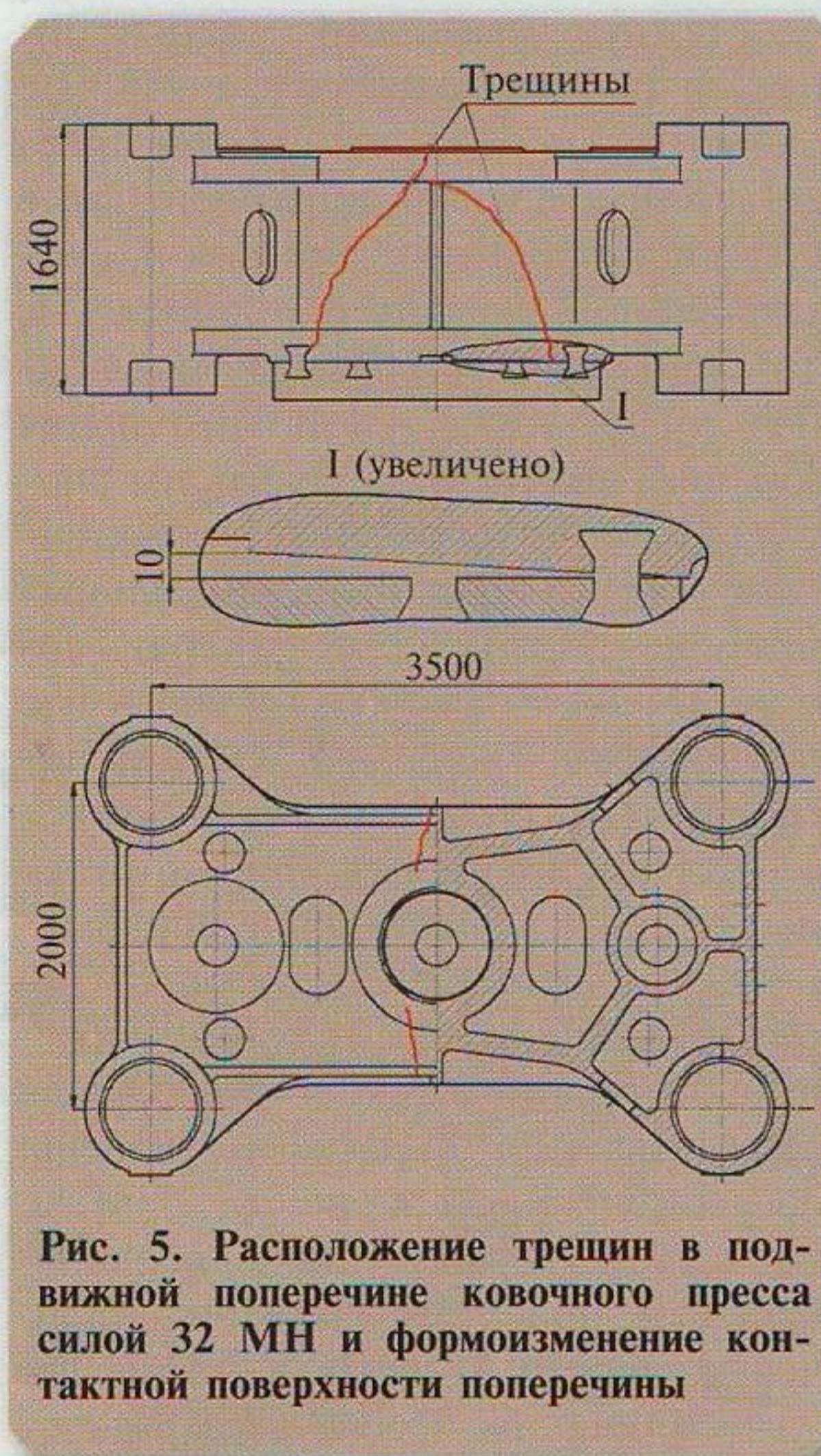


Рис. 5. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса силой 32 МН и формоизменение контактной поверхности поперечины

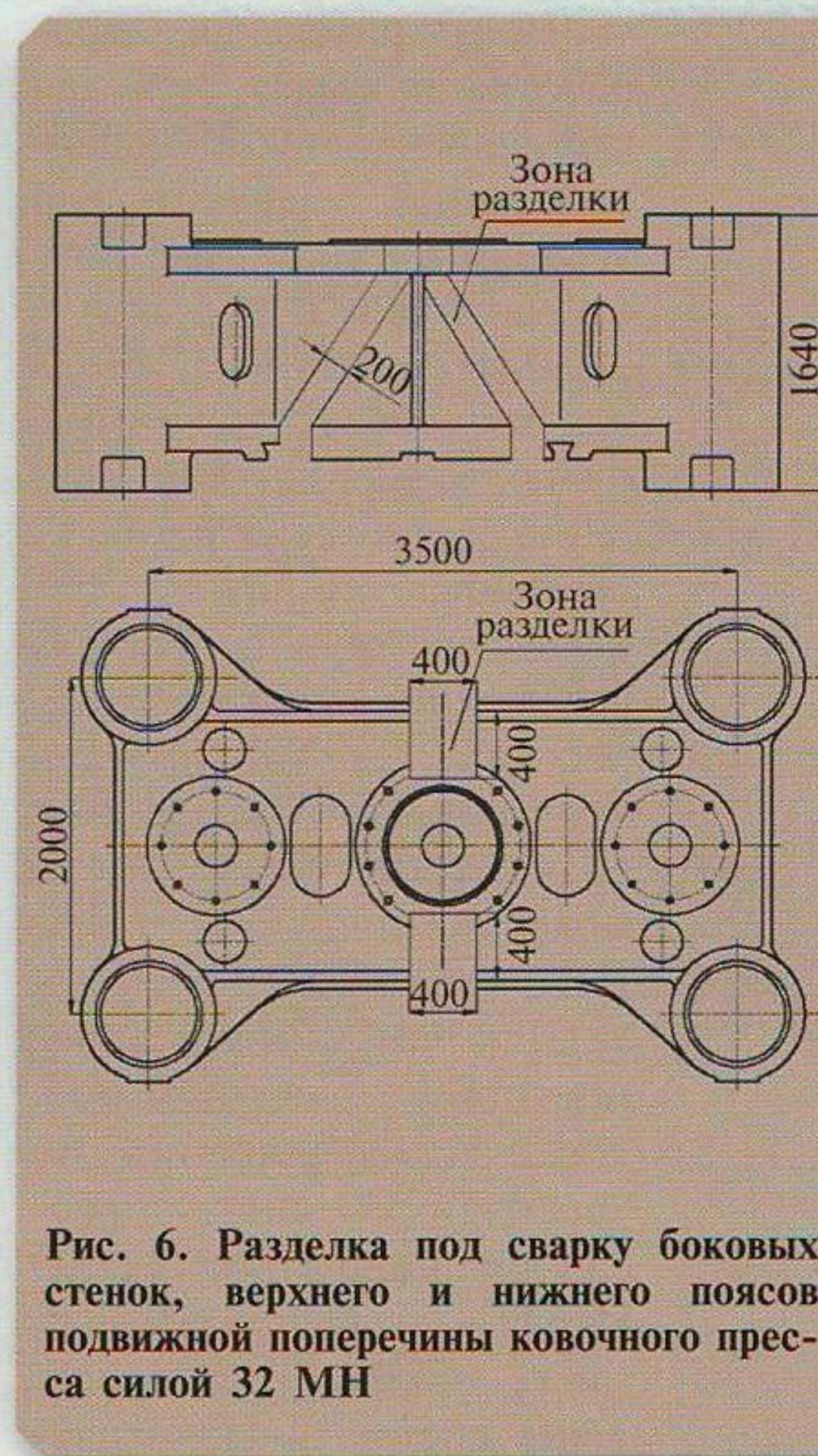


Рис. 6. Разделка под сварку боковых стенок, верхнего и нижнего поясов подвижной поперечины ковочного пресса силой 32 МН

чавший в себя подготовительные работы, разделку трещин, сварку и планировку контактной поверхности, был проведен в течение 22 суток. Фотография восстановленной поперечины показана на рис. 7.

Расположение и конструкции базовых деталей пресса силой 300 МН показаны на рис. 8. Индикатором эксцентрикитета силы пресса являются колонны; для оценки величины и направления максимальных напряжений в колоннах используются тензометрические датчики (в дальнейшем датчики), расположенные вблизи верхних внутренних гаек колонн.

На каждой из восьми колонн пресса установлены по четыре датчика. Специальные алгоритм и программное обеспечение в режиме реального времени дают величину и угловое направление максимального напряжения в сечении каждой колонны. Информация выводится в масштабе реального времени на экран монитора в кабине оператора.

Установлены предаварийный (120 МПа) и аварийный (150 МПа) уровни напряжений. Если превышен предаварийный уровень, то на соответствующей колонне векторная стрелка окрашивается в желтый цвет; если превышен аварийный уровень, то на соответствующей колонне векторная стрелка окрашивается в крас-

ный цвет, на пульт управления подается сигнал аварийной ситуации и автоматически прекращается подача давления в рабочие цилиндры.

Опишем реальный случай предотвращения аварийной ситуации при осадке заготовки, проведенной без предварительной технологической проработки. Цилиндрическая заготовка была расположена на штамповой плите со значительным эксцентрикитетом, поэтому при ее осадке в колоннах был превышен аварийный уровень напряжений. При усилии пресса 91 МН напряжения в одной из колонн достигли 120 МПа, и был дан сигнал предаварии. Усилие пресса продолжало расти, и при силе 130 МН напряжения в колонне достигли аварийного уровня 150 МПа, после чего был дан сигнал на сброс давления рабочей жидкости. С момента подачи сигнала до начала сброса давления прошло 2,5 с., в течение которых сила пресса увеличилась на 34 МН и достигла величины 174 МН. Макси-

мальное напряжение в колонне на момент начала сброса нагрузки не превысило 186,5 МПа, что предотвратило аварийную ситуацию.

Описанная ситуация показывает, что Система контроля и ограничения силы пресса полностью удовлетворяет требованиям, которые были поставлены при ее создании. Во-первых, Система предупреждает возникновение недопустимо высоких напряжений в колоннах при скоростях реальных технологических процессов путем ограничения силы пресса. Во-вторых, Система позволяет осуществить предварительный и осуществлять производственный контроль технологических процессов по критерию эксцентрикитета силы пресса. На стадии предварительного контроля оказывается возможным оперативно проверять правильность технических решений, ограничивающих величину эксцентрикитета. И, в-третьих, Система является постоянно действующей, что позволяет обеспечить стабильную работу пресса и осуществить анализ выполненных за длительный период времени штамповок производственных деталей по критериям напряжений в колоннах, фактическим величинам эксцентрикитета и силы пресса.

Мощные гидравлические прессы длительное время находятся в эксплуатации, осуществляя изготовление определенных классов изделий. Во многих случаях в современных условиях возникает необходимость получения изделий того же класса, но с более высокими механическими свойствами для чего, в общем случае, требуются новые более мощные прессы и, соответственно, весь-

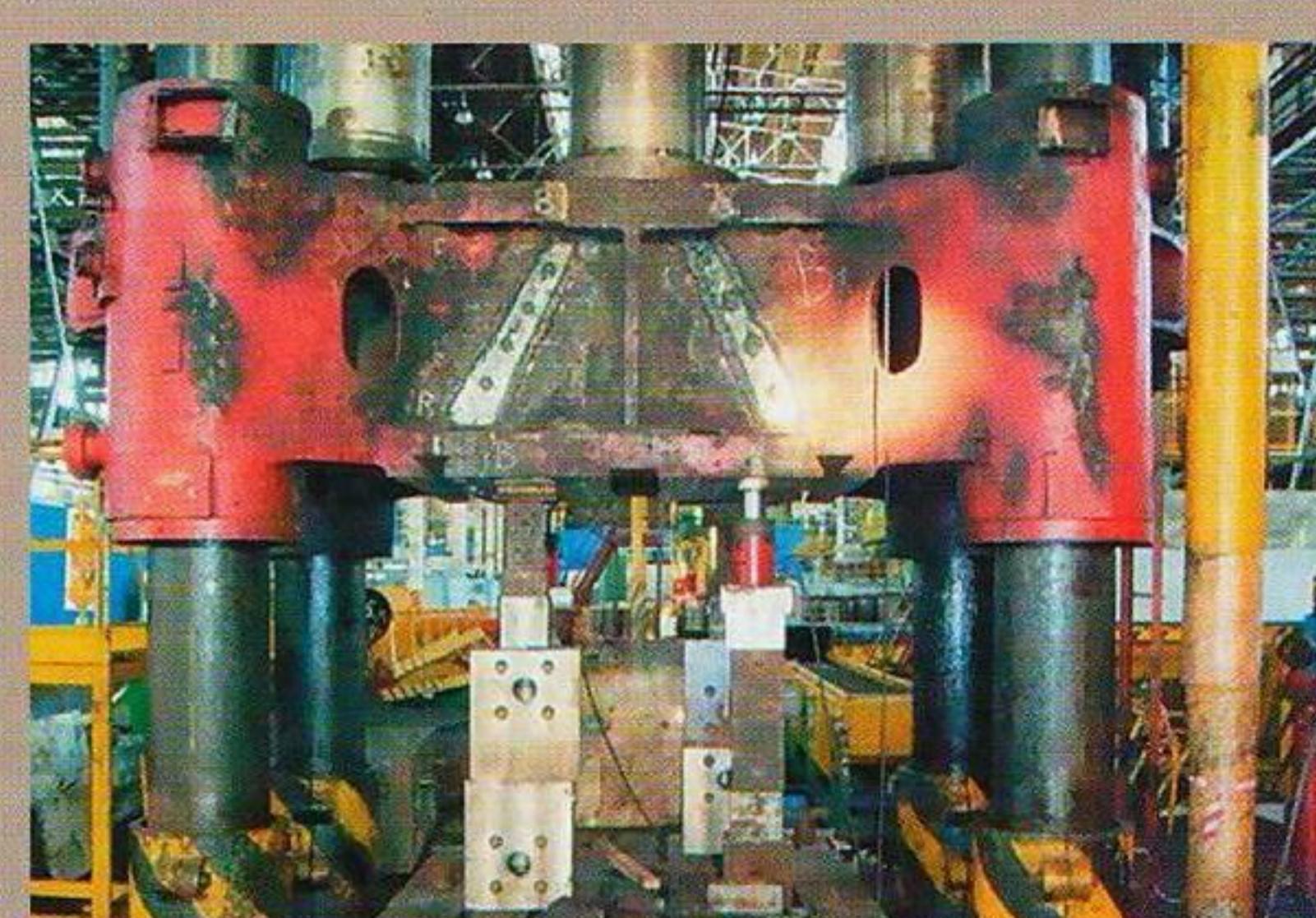


Рис. 7. Восстановленная подвижная поперечина ковочного пресса силой 32 МН

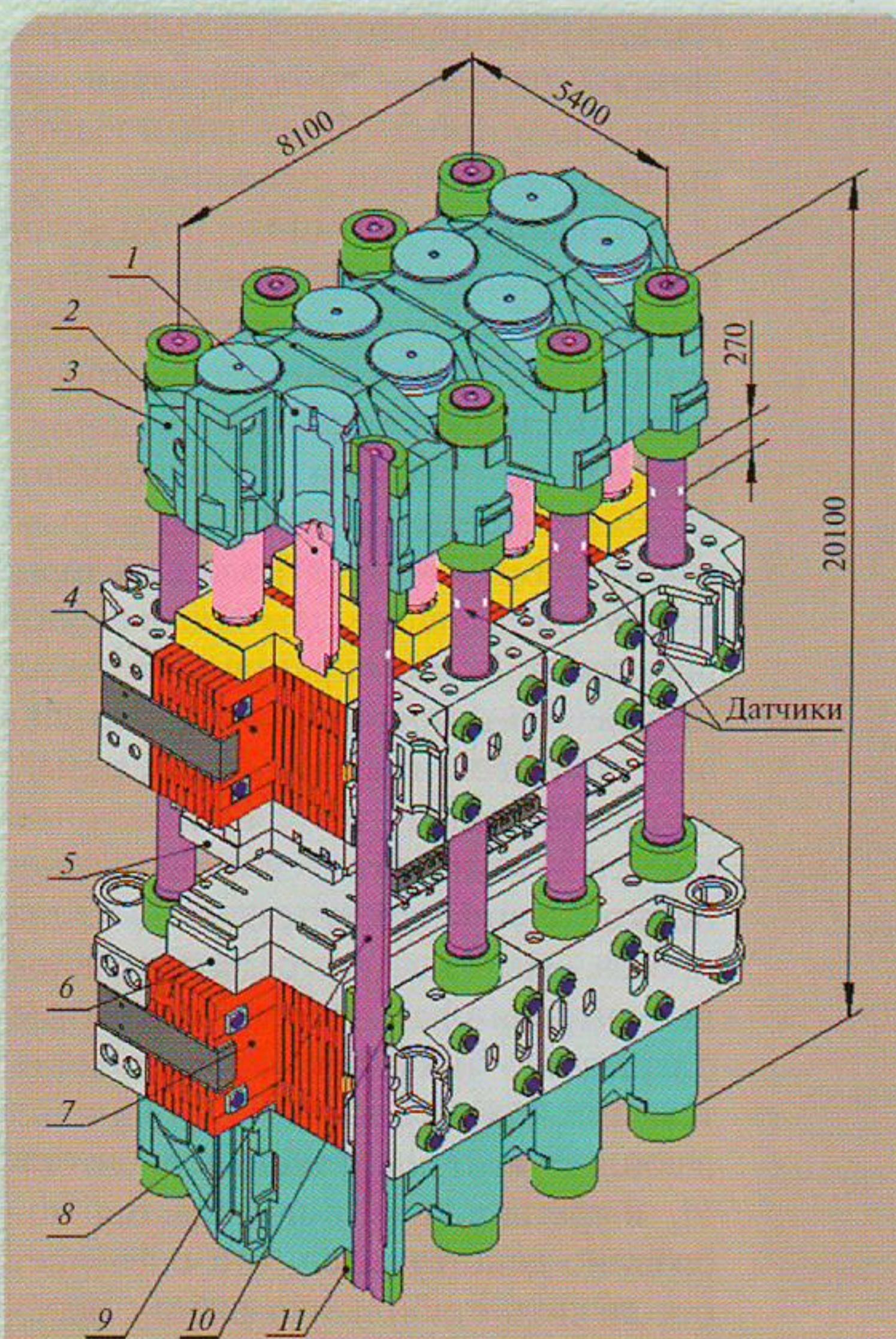


Рис. 8. Гидравлический пресс конструкции УЗТМ силой 300 МН:

1 — гидроцилиндр; 2 — плунжер; 3 — верхняя поперечина; 4 — продольные балки подвижной поперечины; 5 — плиты верхнего штампового набора; 6 — плиты нижнего штампового набора; 7 — нижнее основание; 8 — нижняя поперечина; 9 — колонна; 10 — внутренняя гайка; 11 — внешняя гайка

ма значительные затраты времени и средств. Наш опыт показывает, что получить продукцию нового сортамента в кратчайшие сроки с минимальными затратами позволяет модернизация существующих мощных прессов с увеличением их силы.

Модернизация гидравлического пресса с увеличением его силы осуществлена на Челябинском трубопрокатном заводе (ОАО «ЧТПЗ»). Завод выпускает трубы диаметром 1220 мм для строительства магистральных трубопроводов. Формовка заготовок труб производится на прессе П0753 силой 200 МН, спроектированном и построенном в 1972 году Коломенским заводом тяжелых станков (ОАО «КЗС»). В 2003 году в связи с увеличением производительности трубопроводов потребовались трубы с большим пределом текучести материала и толщиной стенки. Поставка первой партии труб осуществлена в 2005 году.

Предварительная проработка показала, что для получения труб нового сортамента необходимо увеличить силу формовки заготовки в 1,75 раза с 200 МН до 350 МН. Столь значительное увеличение силы формовки, в общем случае, требует строительства новой линии по производству труб со сроком реализации проекта не менее пяти лет. Поэтому для получения труб в заданные сроки была осуществлена модернизация существующего пресса П0753.

Для изыскания и прочностного обоснования технических решений по увеличению силы пресса специалистами ОАО «КЗС» и ООО «Надежность плюс» были проведены специальные исследовательские и опытно-конструкторские работы. Их результаты показали, что для увеличения силы пресса в его конструкцию необходимо ввести пять дополнительных прессов с одновременным увеличением силы существующих рабочих цилиндров.

В прессе П0753 (рис. 9, а) силу 200 МН создают шесть рабочих цилиндров при давлении рабочей жидкости 32 МПа. На каждом основании 4 между колоннами 6 закреплены возвратные цилиндры 10, поднимающие подвижную поперечину 3 после окончания рабочего хода в исходное верхнее положение.

Пресс после модернизации показан на рис. 9, б [10]. Для создания дополнительной силы пресса возвратные цилиндры заменены цилиндрами двойного действия. Левый и правый дополнительные цилиндры 1, симметричные относительно продольной оси пресса, система дополнительных колонн 3, 5, подвижная поперечина 4 и дополнительная нижняя поперечина 7 составляют дополнительный секционный пресс. Три дополнительных секционных пресса, размещенных в каждой из трех основных секций пресса, передают силу непосредственно на штамп.

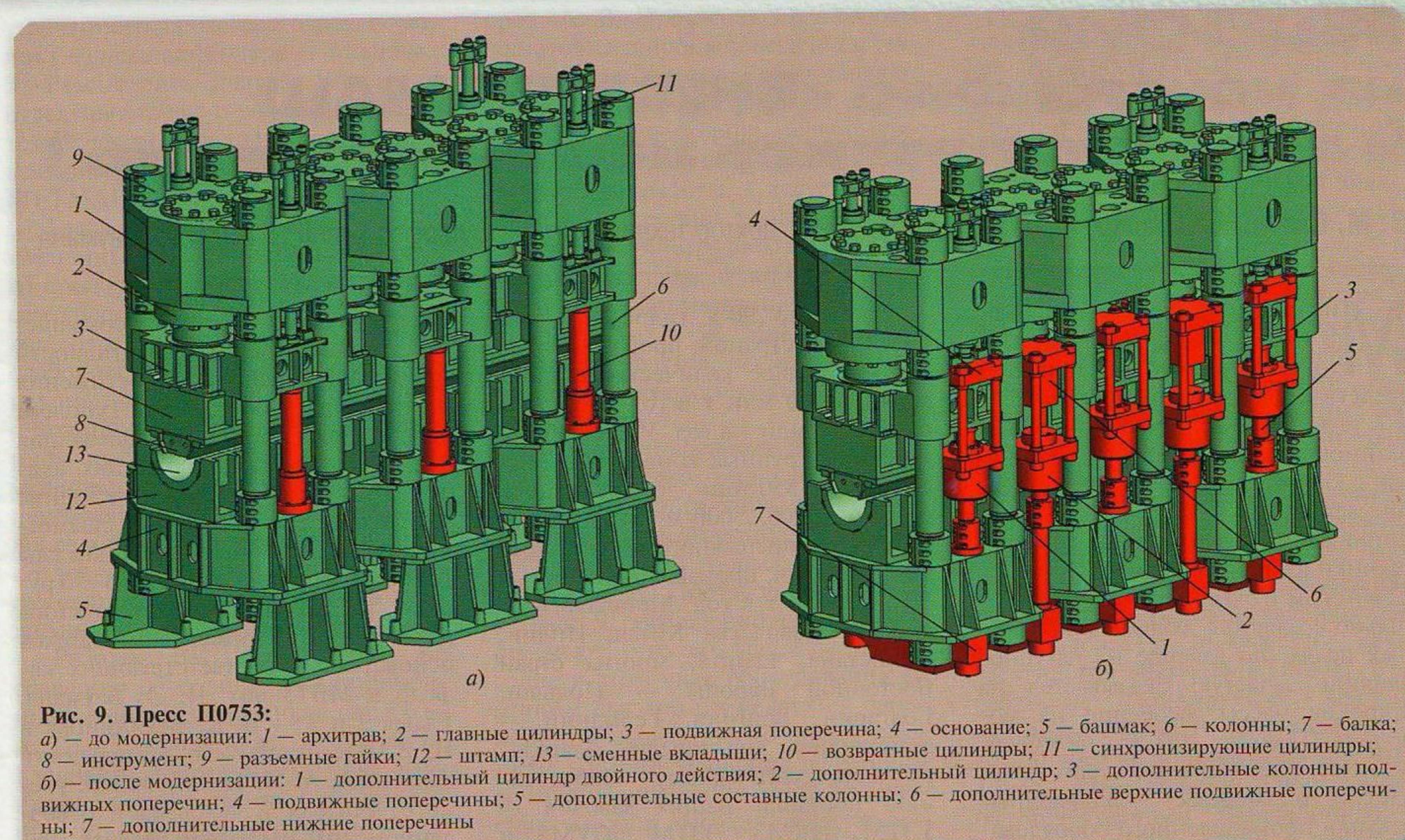
Между секциями основного пресса размещаются симметричные относительно продольной оси пресса левый и правый дополнительные цилиндры прямого действия 2, система дополнительных колонн 3, 5, дополнительная верхняя подвижная поперечина 6 и дополнительная нижняя поперечина 7, составляющие дополнительный промежуточный пресс. Два дополнительных промежуточных пресса через дополнительную верхнюю подвижную поперечину 6 передают силу непосредственно на штамп.

Десять цилиндров дополнительных прессов и шесть цилиндров секций основного пресса работают через мультиплексор от одной насосно-аккумуляторной станции. Общая сила пресса 350 МН достигается при давлении рабочей жидкости 37 МПа, то есть по сравнению с первоначальным проектом (давление рабочей жидкости 32 МПа) базовые детали основного пресса перегружены в 1,16 раза. Для обеспечения прочности базовых деталей основного и дополнительных прессов найдены новые конструктивные решения, выполнены исследования и обоснована возможность изготовления по критерию прочности главных цилиндров основного пресса и гребенчатых соединений составных колонн [13].

Пресс П0753М силой 350 МН запущен в эксплуатацию на Челябинском трубопрокатном заводе в июле 2005 года, что позволило расширить сортамент выпускаемых труб более чем в два раза. Модернизация мощного гидравлического пресса с увеличением его силы в 1,75 раз с 200 МН до 350 МН осуществлена впервые в мировой практике.

### Выходы

Выполнение работ по Инновационному проекту обновления обеспечивает дальнейшую длительную безотказную эксплуатацию базовых деталей мощных гидравлических прессов (80 % стоимости пресса) и обосновывает возможность модернизации систем привода, управления и механизации. Модернизация этих систем (20 % стоимости пресса) снимает проблему морального старения и обеспечивает современные технологические требования к прессам, в том числе, с увеличением их силы.



**Рис. 9. Пресс П0753:**

a) — до модернизации: 1 — архитрав; 2 — главные цилиндры; 3 — подвижная поперечина; 4 — основание; 5 — башмак; 6 — колонны; 7 — балка; 8 — инструмент; 9 — разъемные гайки; 12 — штамп; 13 — сменные вкладыши; 10 — возвратные цилиндры; 11 — синхронизирующие цилиндры;  
б) — после модернизации: 1 — дополнительный цилиндр двойного действия; 2 — дополнительный цилиндр; 3 — дополнительные колонны подвижных поперечин; 4 — подвижные поперечины; 5 — дополнительные составные колонны; 6 — дополнительные верхние подвижные поперечины; 7 — дополнительные нижние поперечины

Экспертиза состояния базовых деталей с использованием современных методов неразрушающего контроля и оценки прочности дает возможность установить причины отказов до возникновения необратимых изменений в базовых деталях. Специальные технологии сварки, мобильные расточно-наплавочные комплексы для плоских и круговых поверхностей позволяют на месте в цеховых условиях восстановить поврежденные и разрушенные базовые детали.

Для разрушенных и поврежденных базовых деталей устанавливаются причины отказов. В новых деталях, изготовленных для замены разрушенных, и в восстановленных деталях устраняются причины отказов, что обеспечивает неограниченную долговечность этих деталей при дальнейшей длительной эксплуатации.

Мониторинг состояния базовых деталей и предупреждение аварийных ситуаций обеспечивают постоянно действующие системы управления прочностными и технологическими параметрами гидравлических прессов.

Научно-методические разработки и инженерно-технические решения инновационного проекта об-

новления мощных гидравлических прессов внедрены на ряде металлургических заводов и дали положительные результаты.

Для предупреждения аварийных ситуаций и весьма значительных расходов, связанных с полной заменой оборудования, работы по Инновационному проекту обновления необходимо провести в период настоящего экономического кризиса. В период спада основного производства частичная или полная остановка производства для его модернизации дает наибольший экономический эффект.

#### Список литературы

1. Медведев Д. А. Послание Президента России федеральному собранию. Москва. 5 ноября 2008 г.
2. Шувалов И. И. Выступление Первого заместителя Председателя Правительства России на XII Экономическом форуме. Санкт-Петербург. 6–8 июня 2008 г.
3. Пылайкин П. А. Анализ разрушений базовых деталей мощных гидравлических прессов // Кузнецко-штамповочное производство. — 1966. — № 3. — С. 21–27.
4. Кибардин Л. П. Анализ разрушений гидравлических цилиндров. — В кн.: Гидравлические прессы. — М.: Машиностроение, 1966. — С. 414–421.
5. Сурков И. А. Установление причин и предупреждение разрушений ко-
- лонн мощных гидравлических прессов // КШП-ОМД. — 2004. — № 3. — С. 42–45.
6. Пасечник Н. В., Сурков И. А. Обеспечение прочностной надежности металлургических машин — важная составляющая часть модернизации металлургического комплекса России // Тяжелое машиностроение. — 2008. — № 5. — С. 11–17.
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. Королев С. А., Сурков И. А. Восстановление сваркой главных цилиндров мощных гидравлических прессов // КШП-ОМД. — 2004. — № 6. — С. 37–39.
9. Коркин Н. П. Система управления прочностными и технологическими параметрами гидравлического пресса со станиной колонного типа // КШП-ОМД. — 2008. — № 6. — С. 21–26.
10. Марков Д. В., Марков Д. Г., Чикалов С. Г., Сурков И. А. Модернизация пресса окончательной формовки заготовок нефтегазовых труб с увеличением силы с 200 МН до 350 МН // КШП-ОМД. — 2007. — № 12. — С. 30–33.
11. Кулагин Д. А., Марков Д. Г., Моисеев А. П., Сурков И. А. Модернизация гидравлических прессов с увеличением силы рабочих цилиндров // КШП-ОМД. — 2008. — № 1. — С. 40–43.
12. Кулагин Д. А., Марков Д. Г., Моисеев и др. Выбор оптимального профиля впадин гребенчатого соединения колонн мощных гидравлических прессов // КШП-ОМД. — 2007. — № 11. — С. 27–29.