

# ПРОЕКТ РАЦИОНАЛЬНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ\*

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

**Проект рационального и технологического обновления мощных гидравлических прессов. И.А. Сурков.**

Значительное число отказов мощных гидравлических прессов, имеющих весьма длительные сроки службы, связано с разрушением базовых деталей. Работы по инновационному проекту обновления обеспечивают дальнейшую длительную безотказную эксплуатацию базовых деталей (80 % стоимости пресса) и обосновывают возможность модернизации систем привода, управления и механизации, что снимает проблему морального и физического старения прессов. Разработанные технические решения показаны на примерах выполненных работ по предупреждению отказов и восстановлению базовых деталей.

**A Project of Rational and Technological Renewal of Heavy-Duty Hydraulic Presses. I.A. Surkov.**

A major number of failures of heavy-duty hydraulic presses offering rather long service life is related with failures of basic parts. Works on an innovative renewal project ensure further long trouble-free operation of the basic parts (80 % of press cost) and substantiate the possibility of modernization of drive, control and mechanization systems, that eliminates problems of obsolescence and physical ageing of the presses. Examples of the works performed for prevention of failures and rebuilding of the basic parts illustrate the developed technical solutions.

Гидравлические прессы входят в состав производств, составляющих основу оборонного и промышленного потенциала России. Самые мощные в мире прессы усилием 750 МН, уникальные гидравлические прессы усилием 300, 200, 150, 120 и 100 МН работают в металлургии легких сплавов. Большинство прессов находится в эксплуатации 30–40 и более лет, поэтому для реализации современных технологий и обеспечения современных производственных требований необходимо обновление парка гидравлических прессов. В данном случае целесообразно использовать инновационный подход для обновления производства в оптимальные сроки при минимальных затратах. Для установления основных направлений такого проекта рассмотрим конструктивные и технологические особенности этих прессов.

Во-первых, собственно гидравлические прессы, осуществляющие 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 metallургические 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. Так, массы прессов усилием 750, 300, 150 и 100 МН составляют

\* От редактора раздела. Известно, что проблема «перезагрузки» нашей отрасли после обновления парка гидравлического оборудования продолжает рассматриваться как бы дискуссионной: уменьшить парк прессов, обновить его импортным оборудованием или использовать традиционный подход для восстановления и модернизации долговечных образцов? Данная статья фактически обосновывает преимущества третьего подхода.

соответственно 20500, 6500, 2000 и 1000 т, габариты отдельных деталей достигают нескольких десятков метров, а масса превышает сотни тонн. В общем случае создание единицы нового тяжелого гидропрессового оборудования, до 80 % массы и стоимости которого составляют базовые детали, требует весьма значительных средств и не менее 5–8 лет на проектирование и изготовление. В связи с большой стоимостью и длительным сроком изготовления базовые детали тяжелых металлургических машин 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 отказы мощных гидравлических прессов с наиболее тяжелыми последствиями вызваны разрушениями и параметрическими отказами базовых деталей. Так, только по данным ПО «Уралмаш» и Коломенского СПО, в период интенсивной работы отечественной индустрии с 1970 по 1979 гг. для замены деталей гидравлических прессов изготовлено 105 цилиндров, 149 колонн, 148 поперечин. Масса поставок достигла 8500 т. С увеличением сроков интенсивной эксплуатации число отказов увеличивается.

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. Но в этом случае в детали (или узле) остаются все конструктивные и технологические ошибки, которые вызвали ее разрушение. Поэтому 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 комплексов.

При этом для металлургических заводов проблема обеспечения дальнейшей длительной безотказной работы базовых деталей мощных гидравлических прессов ставится весьма острой в связи с вовлечением новых технологий ОМД. Но здесь необходимо специально отметить, что машиностроительный завод не комплектует гидравлические прессы запасными базовыми деталями, поскольку предполагается их безотказная работа 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 [1–3], показал, что основной их причиной являются усталостные трещины, вызванные высоким уровнем напряжений в конструктивных концентраторах напряжений. 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 растет число отказов, так как происходит уменьшение запасов прочности по усталости и накопление поверхностных повреждений.

Своевременное установление причин отказов, до возникновения необратимых изме-

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

нений, достигается применением современных методов экспертизы состояния базовых деталей [4]. 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 [5, 6], повышающие прочность деталей, оптимизирующие условия их нагружения и устрашающие возможности возникновения повторных отказов. Специально разработанные и находящиеся в промышленной эксплуатации мобильные расточно-наплавочные установки позволяют без демонтажа машин производить восстановление поверхностей контакта крупногабаритных деталей (расточка, наплавка, расточка в размер круговых поверхностей диаметром до 2500 мм без ограничения длины, плоских поверхностей размером до 4000x8000 мм).

Необходимо подчеркнуть, что отклонение фактических условий эксплуатации от проектных условий оцениваются в настоящее время действующими в режиме реального времени системами управления прочностными и технологическими параметрами прессов [7].

Широкое внедрение новых методических и конструктивно-технологических решений, устрашающих причины разрушений, обеспечивает безотказную работу базовых деталей на протяжении всего срока службы тяжелых машин. Увеличение срока службы базовых деталей действующих гидравлических прессов составляет новизну данного проекта, так как устраняется противоречие между необходимыми и фактическими сроками службы базовых деталей и упрощается решение проблемы физического старения мощных гидравлических прессов. Долговечность базовых деталей становится весьма долгосрочной.

На современном этапе инновационный путь обновления действующих мощных гидравлических прессов заключается в обеспечении прочностной надежности базовых деталей на дальнейший длительный период эксплуатации (остается в работе 80 % основных фондов). Модернизация (или физическая замена) систем привода, управления и механи-

зации, составляющих не более 20 % массы и стоимости собственно пресса, практически снимает проблему морального старения и обеспечивает современные производственные возможности гидравлических прессов.

Покажем далее ряд характерных примеров предупреждения отказов и восстановления работоспособности базовых деталей мощных прессов, используемых в базовых и новых технологиях.

Ковочный пресс усилием 60 МН конструкции ПО «Уралмаш» находится в эксплуатации с 1964 г. При проектных условиях работы сила прессования распределяется между подвижной поперечиной и штамповой плитой по всей площади их контакта. В процессе длительной и интенсивной 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 нежелательного 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

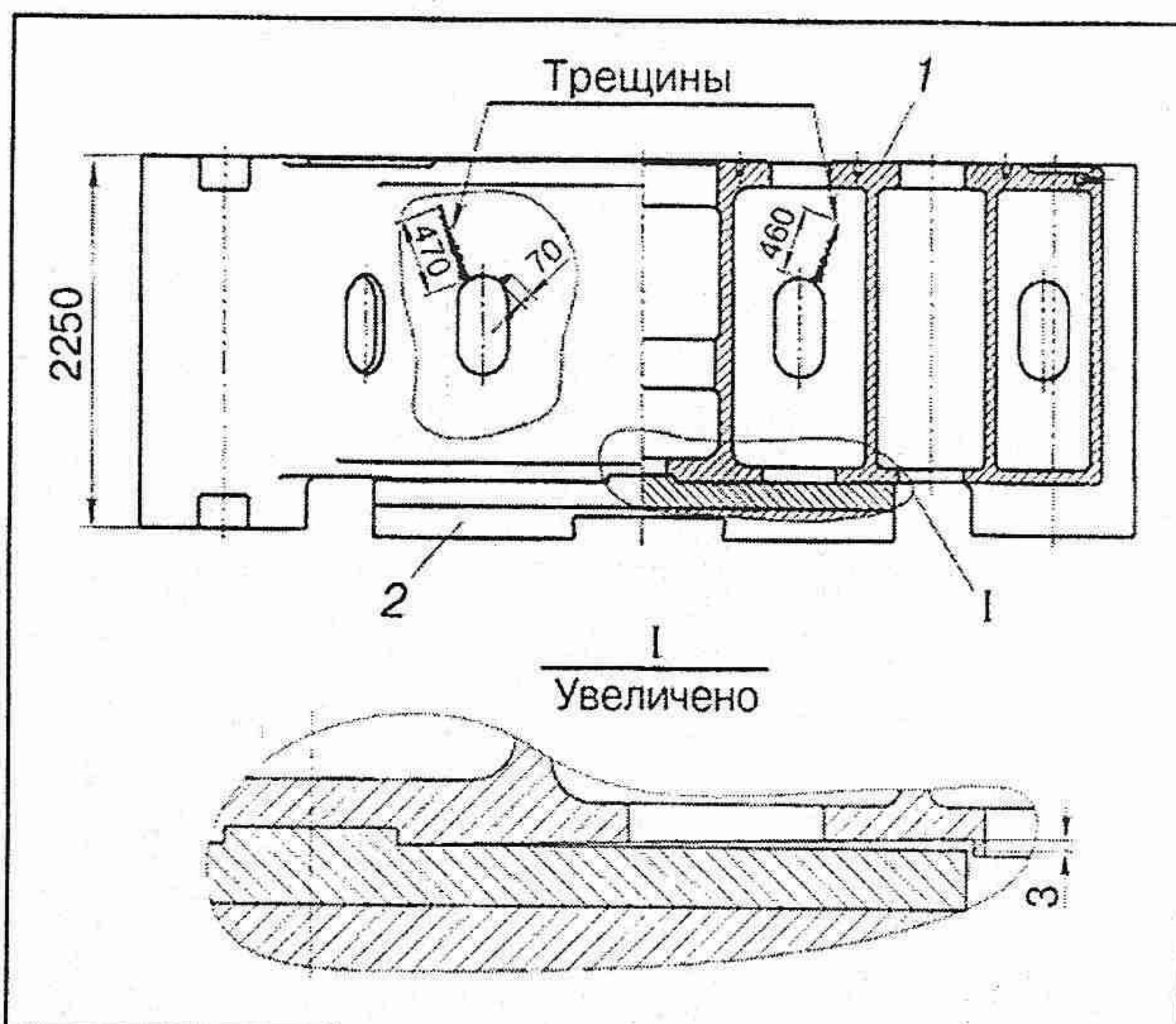


Рис. 1. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса усилием 60 МН и формоизменение поверхности поперечины в зоне контакта со штамповой плитой:

1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита

протяженных трещин на контурах технологических отверстий. Кроме того, формоизменение 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 со противление поверхностному формоизменению и обеспечило совместную работу штамповой плиты и подвижной поперечины.

Необходимо отметить, что восстановление крупногабаритных кованых и литых деталей с трещинами большой протяженности осущес-

твляется сваркой по специальной технологии без предварительного подогрева и последующей термообработки деталей. Восстановление гидравлического цилиндра силой 35 МН с трещиной большой протяженности в галтели днища представлено в [6]. А в данной работе показано восстановление на месте крупногабаритных литых деталей на примере подвижной поперечины гидравлического пресса усилием 32 МН.

Ковочный пресс усилием 32 МН конструкции ПО «Уралмаш» в эксплуатации с 1970 г. В июле 2008 г. в подвижной поперечине пресса были обнаружены трещины большой протяженности (рис. 3). На обеих 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.

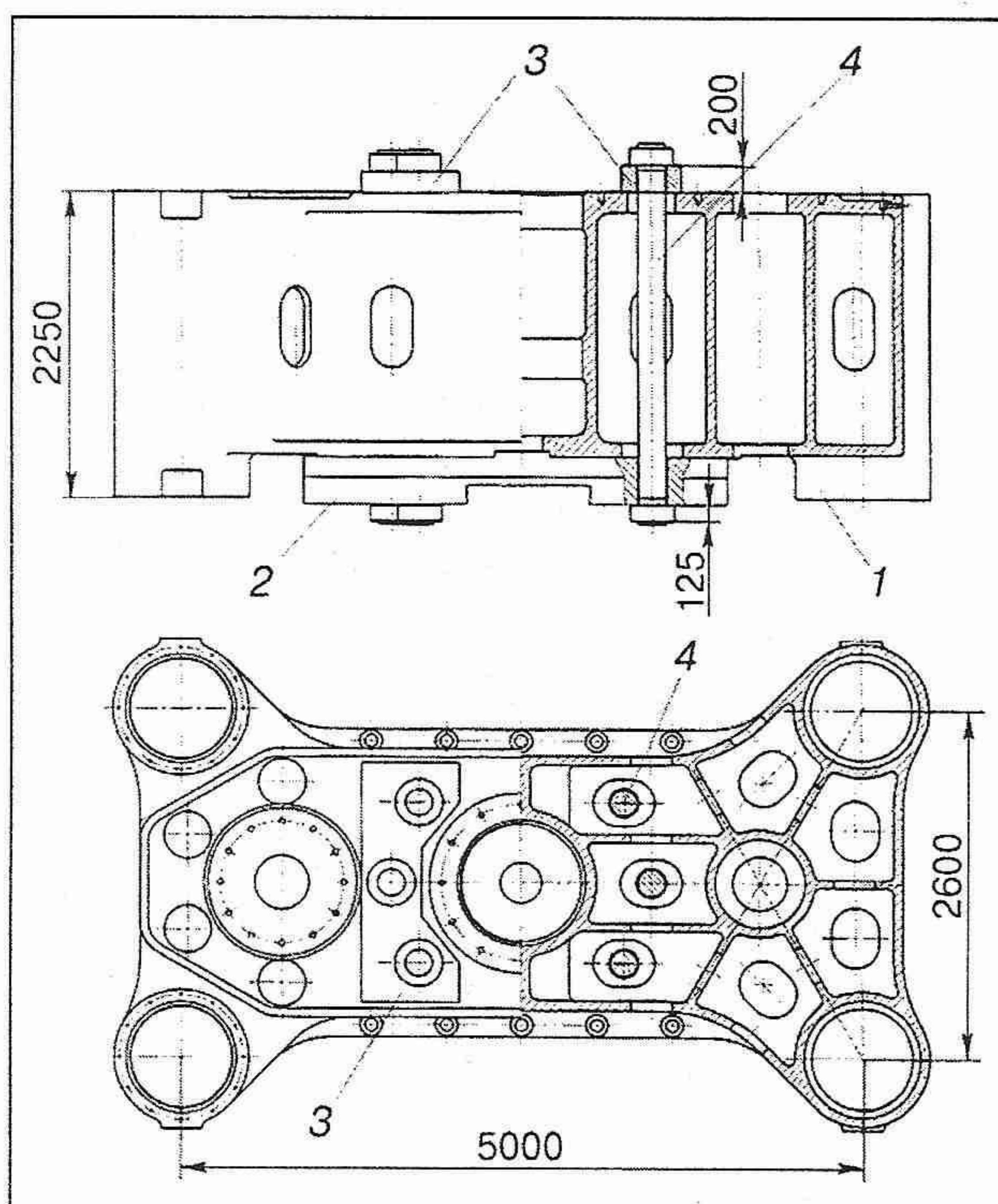


Рис. 2. Восстановление проектных режимов эксплуатации подвижной поперечины ковочного пресса усилием 60 МН:

1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита; 3 – опорная балка; 4 – стяжные колонны с гайками

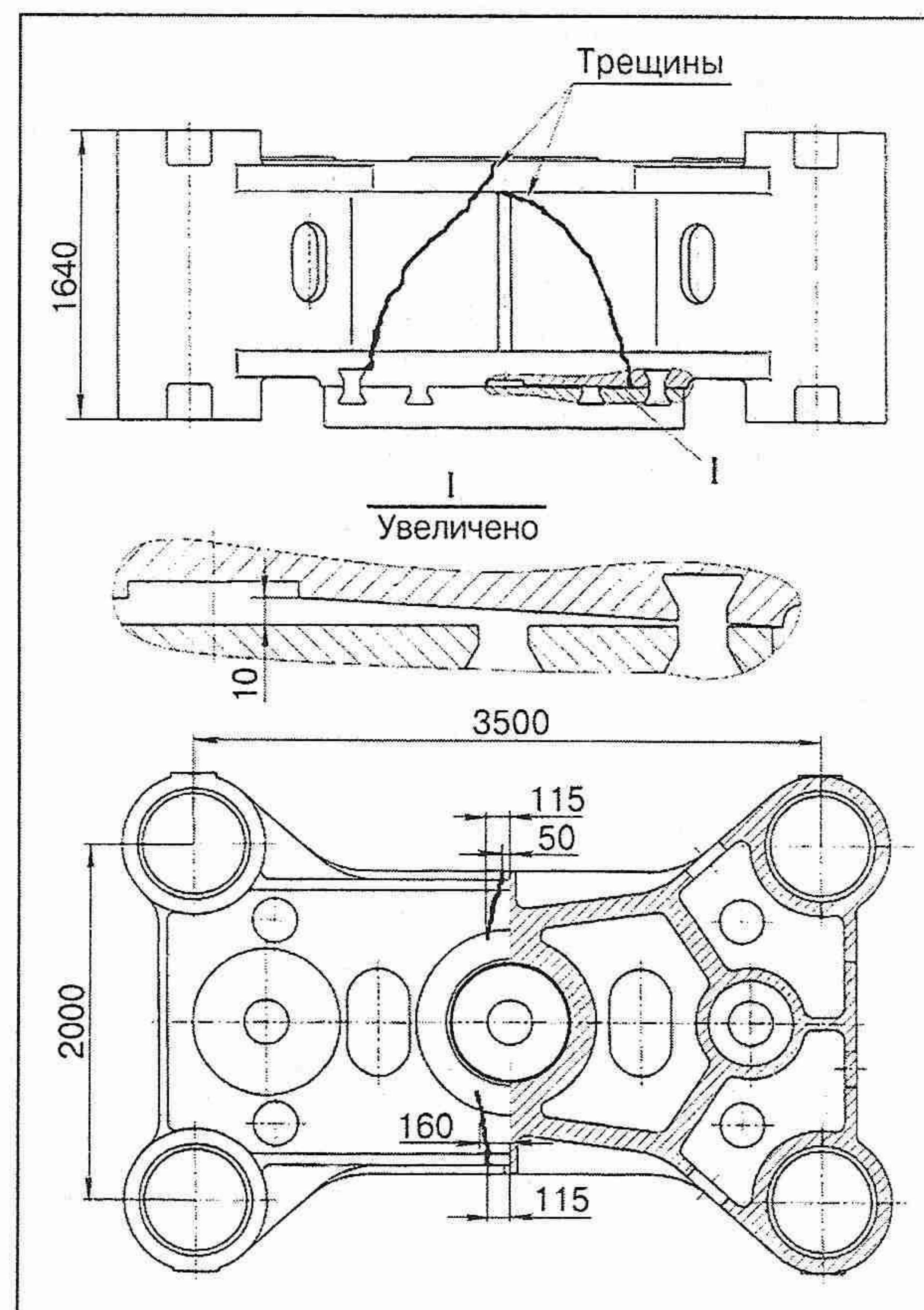
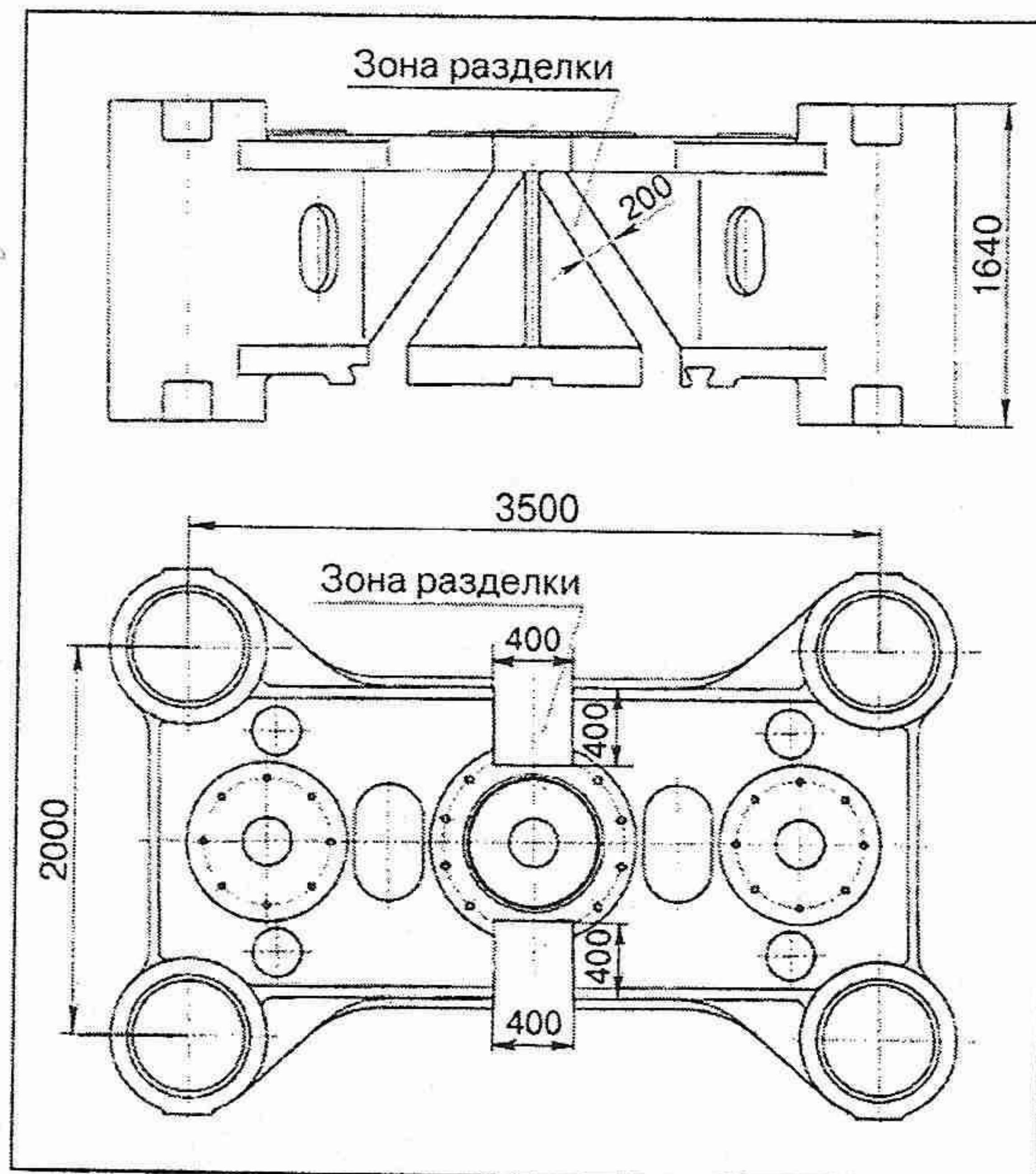


Рис. 3. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса усилием 32 МН и формоизменение контактной поверхности поперечины

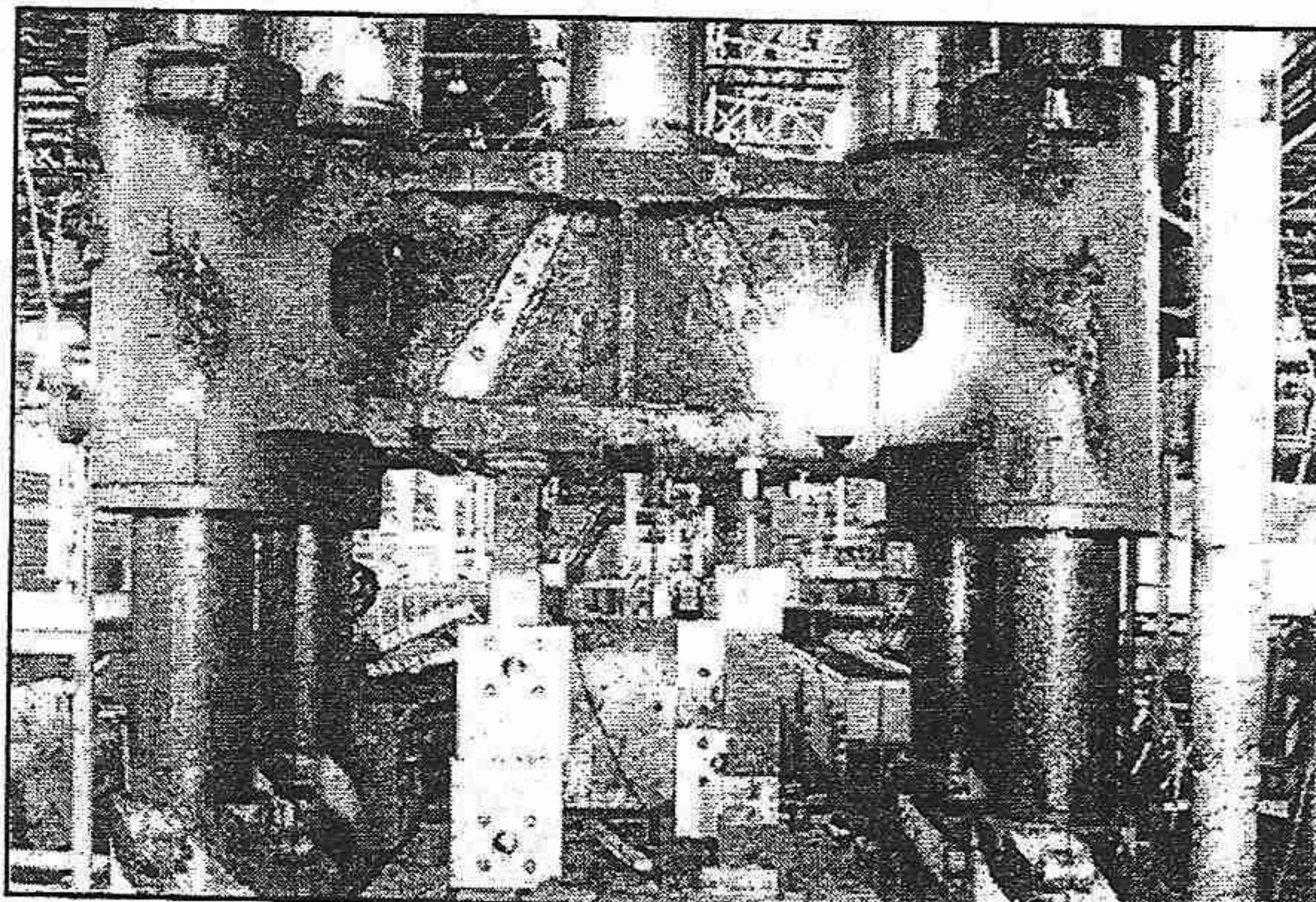
## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Восстановление поперечины осуществляли сваркой на месте без демонтажа пресса\*. Разделка трещины под сварку показана на рис. 4. После сварки проведена планировка



*Рис. 4. Разделка под сварку боковых стенок, верхнего и нижнего поясов подвижной поперечины ковочного пресса усилием 32 МН*

контактной поверхности поперечины переносным мобильным фрезерным станком. Ремонт поперечины, включавший в себя подготовительные работы, разделку трещин, сварку и планировку контактной поверхности, был проведен в течение 22 суток. Фотография восстановленной поперечины показана на рис. 5.



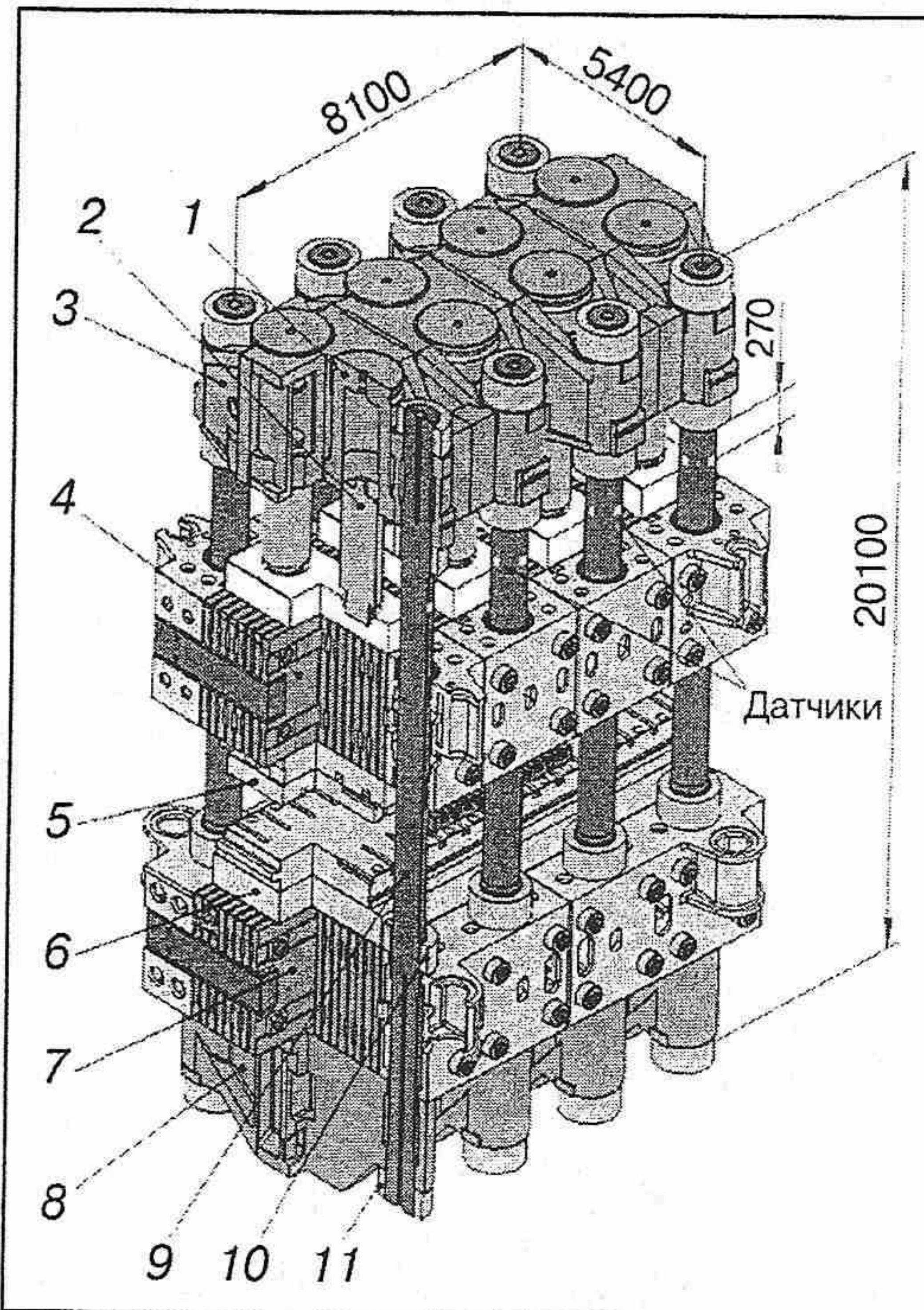
*Рис. 5. Восстановленная подвижная поперечина ковочного пресса усилием 32 МН*

\* От редактора раздела. Это принципиальный момент – качество проварки должно подтверждаться надежными средствами, во избежание скрытого остатка трещины, что ведет к неконтролируемому разрушению.

Предупреждение разрушений, связанных с перегрузкой базовых деталей, и контроль технологических параметров по критерию эксцентричности силы пресса осуществляются с помощью специальных систем управления прочностными и технологическими параметрами пресса (в дальнейшем Система). Такая Система была установлена на прессе усилием 300 МН конструкции УЗТМ, находящемся в эксплуатации в ОАО «Корпорация «ВСМПО-Ависма» с 1961 г.

Расположение и конструкции базовых деталей пресса показаны на рис. 6. Индикатором эксцентричности силы пресса являются колонны; для оценки величины и направления максимального напряжения в колоннах используются тензометрические датчики (в дальнейшем датчики), расположенные вблизи верхних внутренних гаек.

На каждой из восьми колонн пресса установлены по четыре датчика. Специальные



*Рис. 6. Гидравлический пресс конструкции УЗТМ усилием 300 МН:*

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

алгоритм и программное обеспечение в режиме реального времени дают величину и угловое направление максимального напряжения в сечении каждой колонны. Вся визуальная информация, привязанная к колоннам и расположенным на них датчикам, представлена на мониторе оператора (рис. 7).

Установлены предаварийный (120 МПа) и аварийный (150 МПа) уровни напряжений. Если превышен аварийный уровень, то на соответствующей колонне векторная стрелка окрашивается в красный цвет, на пульт управления подается сигнал аварийной ситуации и автоматически прекращается подача давления в рабочие цилиндры.

Покажем здесь реальный случай предотвращения аварийной ситуации при осадке заготовки, проведенной без предварительной технологической проработки. Цилиндрическая заготовка была расположена на штамповкой плите со значительным эксцентризите-

том, поэтому при ее осадке в колоннах был превышен аварийный уровень напряжений. Наглядное представление о работе системы при возникновении аварийной ситуации дает картина послесеансной обработки результатов измерений (рис. 8).

При усилии пресса 91 МН напряжения в колонне № 6 достигли 120 МПа, и был дан сигнал предаварии. Усилие пресса продолжало расти, и при 130 МН напряжения в колонне № 6 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 усилие пресса увеличилось на 34 МН и достигло 174 МН. При таком усилии максимальное напряжение в колонне № 6 не превысило 185 МПа, что предотвратило аварийную ситуацию по критерию возникновения пластической деформации в гладкой части колонны.

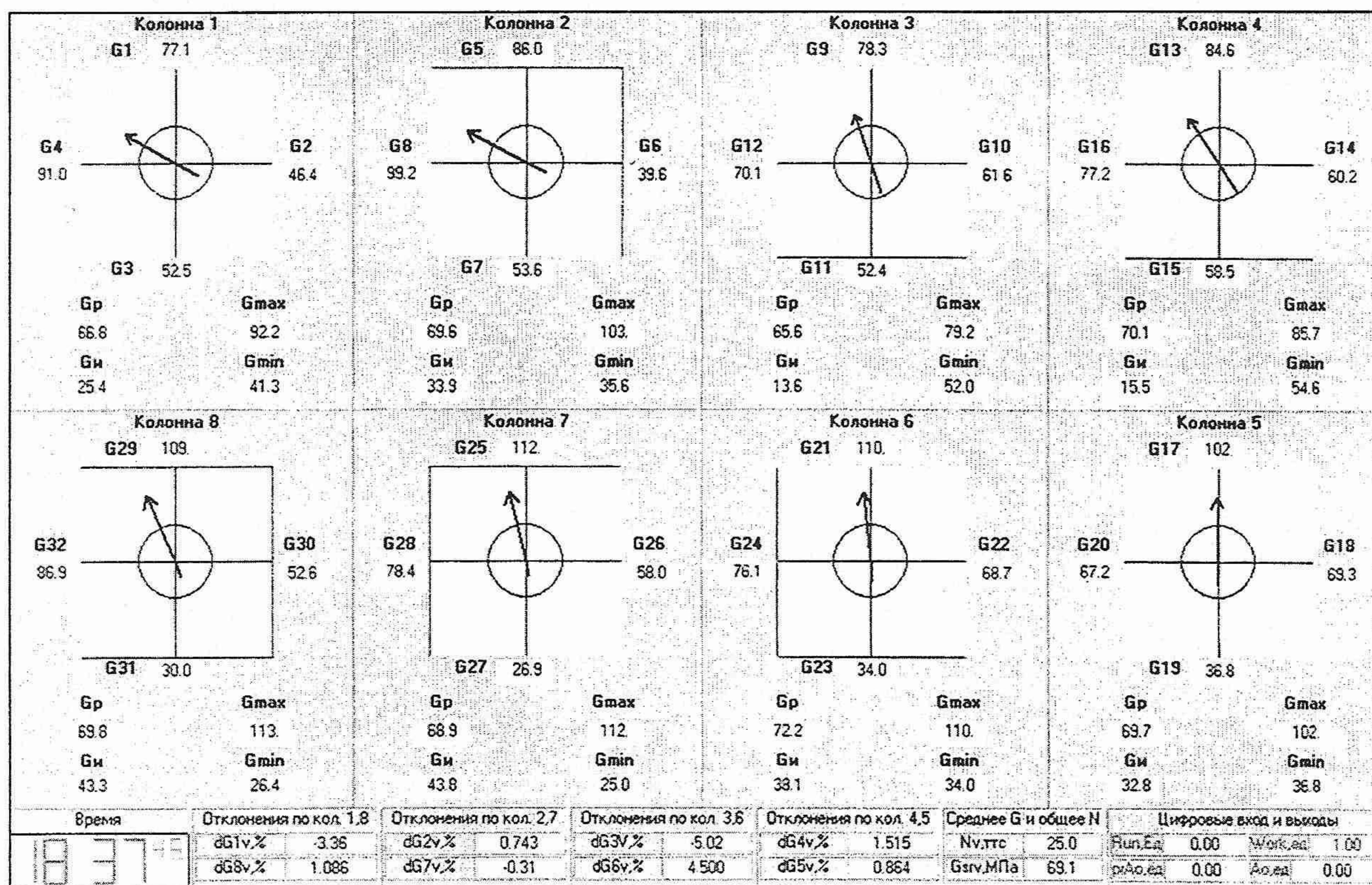
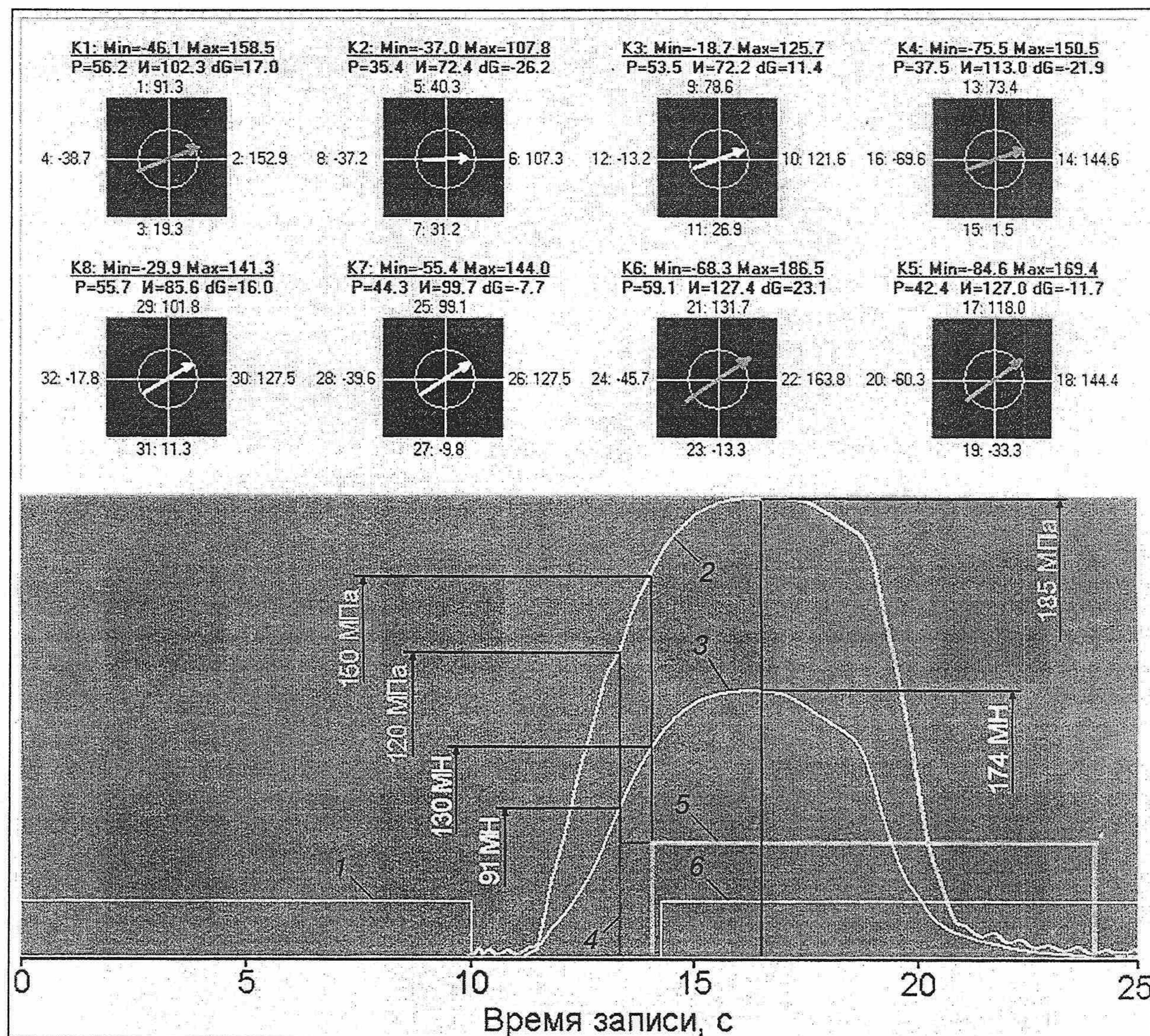


Рис. 7. Информация, выводимая на экран монитора. Стрелки показывают направление действия максимального напряжения по колонне:

$G_i$  – показания датчика (МПа) под номером  $i$ ;  $G_{\text{рас},i}$  – растягивающее напряжение по колонне номер  $i$ ;  $G_{\text{макс},i}$  – максимальное напряжение по колонне номер  $i$ ;  $G_{\text{из},i}$  – максимальное изгибающее напряжение по колонне номер  $i$ ;  $G_{\text{мин},i}$  – минимальное напряжение по колонне номер  $i$ ;  $dG_i$  – отклонение (%) растягивающего напряжения по колонне номер  $i$  от среднего растягивающего напряжения по колоннам

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ



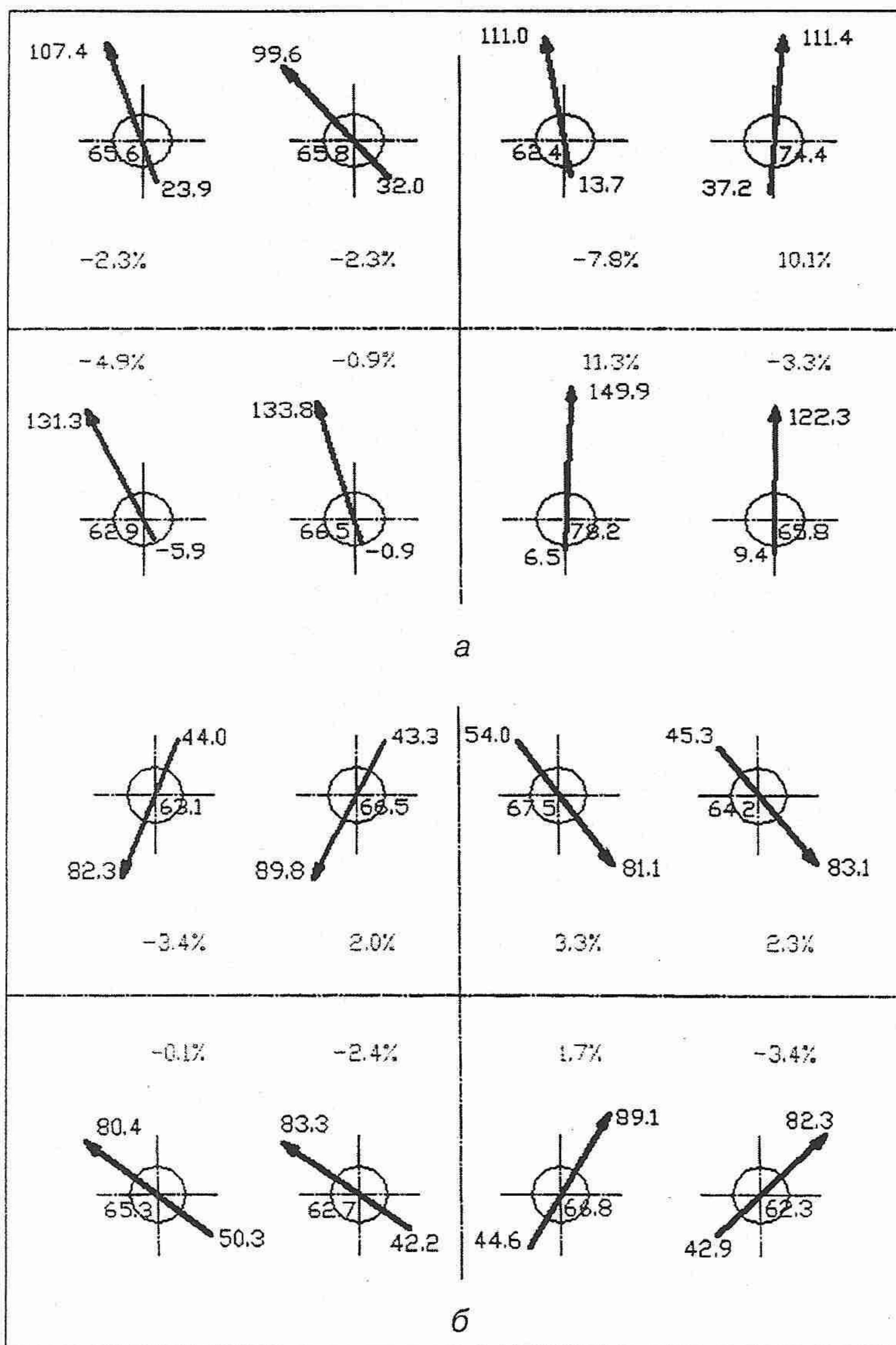
*Рис. 8. Послесегансная обработка результатов измерений при осадке слитка. На верхней части рисунка показаны величины напряжений и направления изгиба в колоннах. Нижняя часть рисунка:*  
 1 – ожидание и начало подачи давления в рабочие цилиндры; 2 – максимальное напряжение в колонне № 6;  
 3 – усилие пресса; 4 – сигнал предаварии; 5 – сигнал аварии; 6 – начало сброса давления в рабочих цилиндрах

Ввод в эксплуатацию Системы дал возможность восстановить проектные технологические параметры пресса 300 МН и повысить качество получаемых изделий. Отклонение от проектных параметров заключалось в том, что при штамповке изделий различной конфигурации возникала клиновидность в направлении поперечной оси пресса. Это увеличивало объем последующей механической обработки и в ряде случаев приводило к отбраковке изделий.

По направлению векторов максимальных напряжений в сечениях колонн было установ-

лено, что при штамповке изделий возникает эксцентризитет в направлении поперечной оси пресса (рис. 9, а). Направления векторов практически параллельны поперечной оси пресса, а максимальное напряжение в колонне № 6 при усилии пресса 244 МН достигает аварийного уровня 150 МПа.

Причина постоянного одностороннего эксцентризитета заключалась в клиновой выработке внутренних, не доступных для наблюдения элементов штампового набора в направлении поперечной оси пресса. Устранение эксцентризитета с минимальными затратами



*Рис. 9. Напряжения в колоннах пресса усилием 300 МН и направления изгиба колонн при штамповке производственного изделия. Цифры в начале, средине и конце стрелок обозначают соответственно величины максимального, среднего и минимального напряжений в сечении колонны. Величины в процентах дают отклонения усилий по колоннам от среднего усилия:*

*а – до корректировки поверхностей элементов штампового набора;  
 б – после корректировки поверхностей элементов штампового набора*

времени было достигнуто за счет создания в верхних элементах штампового набора клина противоположного направления. Напряженное состояние и направления изгиба колонн при штамповке того же изделия после корректировки поверхностей элементов штампового набора показано на рис. 9, б. При усилии пресса 245 МН максимальные напряжения по колоннам не превышают 90 МПа,

направления изгиба колонн симметричны относительной оси пресса, что подтверждает центральное нагружение пресса. Геометрия изделия соответствует техническим требованиям.

### Выводы

1. Выполнение инновационных работ по данному проекту обновления технологического оборудования обеспечивает дальнейшую долгосрочную безотказную эксплуатацию базовых деталей мощных гидравлических прессов (80 % стоимости пресса) и обосновывает возможность технологического развития за счет модернизации систем привода, управления и механизации. Модернизация этих систем (20 % стоимости пресса) снимает проблему морального старения и обеспечивает развитие технологических возможностей гидравлических прессов.

2. 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 установки для плоских и круговых поверхностей позволяют на месте в цеховых условиях восстановить поврежденные и разрушенные базовые детали с внедрением технических решений, устраивающих повторные отказы.

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

4. Соответствующие научно-методические разработки и инженерно-технические решения внедрены на ряде заводов metallurgии легких сплавов и дали положительные ре-

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

---

зультаты. Для предупреждения аварийных ситуаций и весьма значительных расходов, связанных с полной заменой оборудования,

необходимо в масштабах отрасли провести инновационный проект обновления мощных гидравлических прессов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пылайкин П.А. Анализ разрушений базовых деталей мощных гидравлических прессов//Кузнецко-штамповочное производство. 1966. № 3. С. 21–27.
2. Кибардин Л.П. Анализ разрушений гидравлических цилиндров//В кн.: Гидравлические прессы. – М.: Машиностроение. 1966. С. 414–421.
3. Сурков И.А. Установление причин и предупреждение разрушений колонн мощных гидравлических прессов//КШП. ОМД. 2004. № 3. С. 42–45.
4. Пасечник Н.В., Сурков И.А. Обеспечение прочностной надежности металлургических машин – важная составляющая часть модернизации металлургического комплекса России//Тяже-  
лое машиностроение. 2008. № 5. С. 11–17.
5. 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.
6. Королев С.А., Сурков И.А. Восстановление сваркой главных цилиндров мощных гидравлических прессов//КШП. ОМД. 2004. № 6. С. 37–39.
7. Коркин Н.П. Система управления прочностными и технологическими параметрами гидравлического пресса со станиной колонного типа//КШП. ОМД. 2008. № 6. С. 21–26.