

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1959 ГОДА

КИШОМА



№ 11'10

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО • ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.



«Исследование напряженного состояния углового соединения станины пресса силой 750 МН»

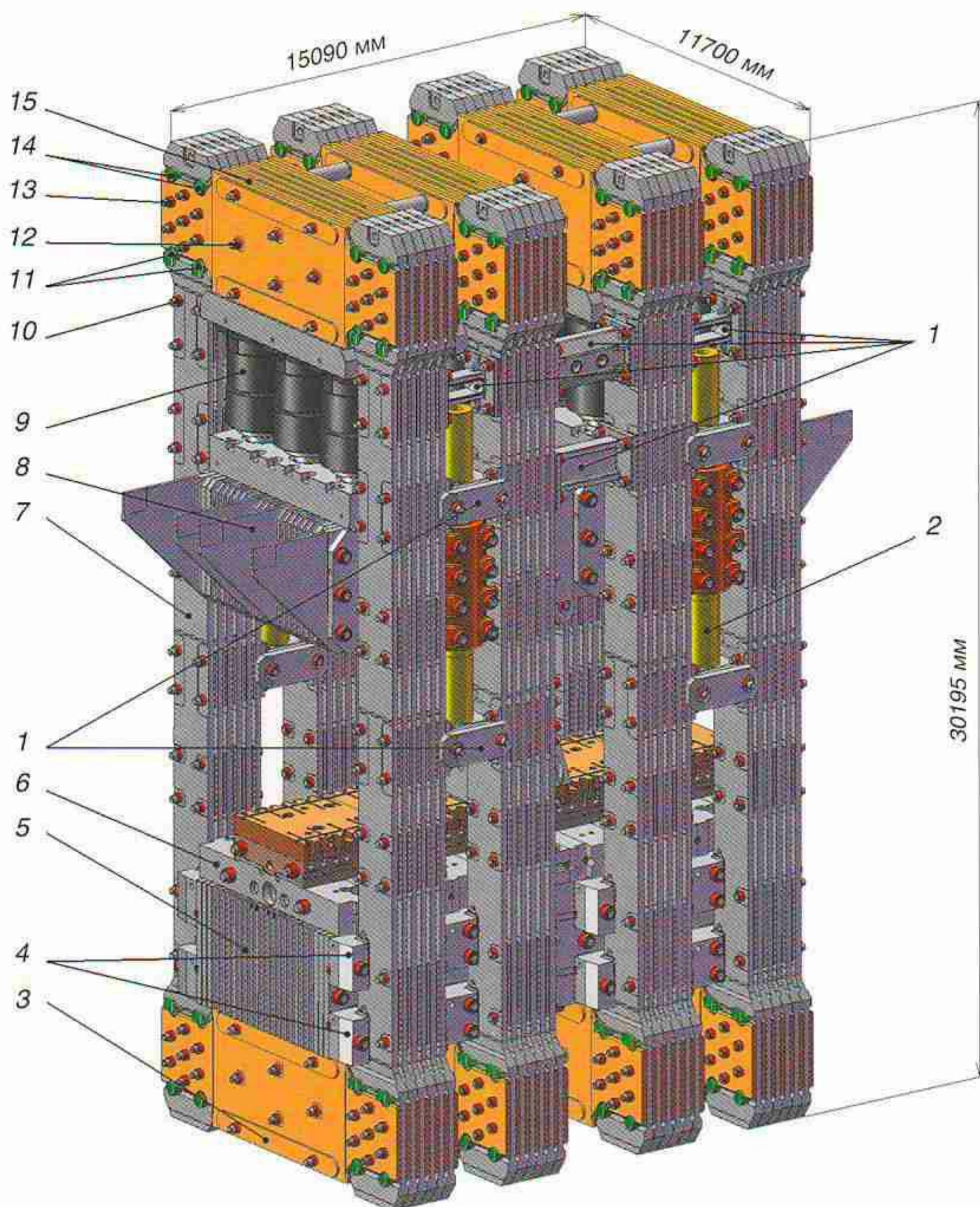


Рис. 1. Схема гидравлического пресса силой 750 МН:
1 – продольные связи рам; 2 – направляющая колонна; 3 и 15 – нижний и верхний ригели рамы; 4 – скобы; 5 – нижняя неподвижная траверса; 6 – нижний подштамповый блок; 7 – стойка рамы; 8 – подвижная траверса; 9 – рабочий цилиндр; 10, 12, 13 – стяжные шпильки; 11, 14 – валики

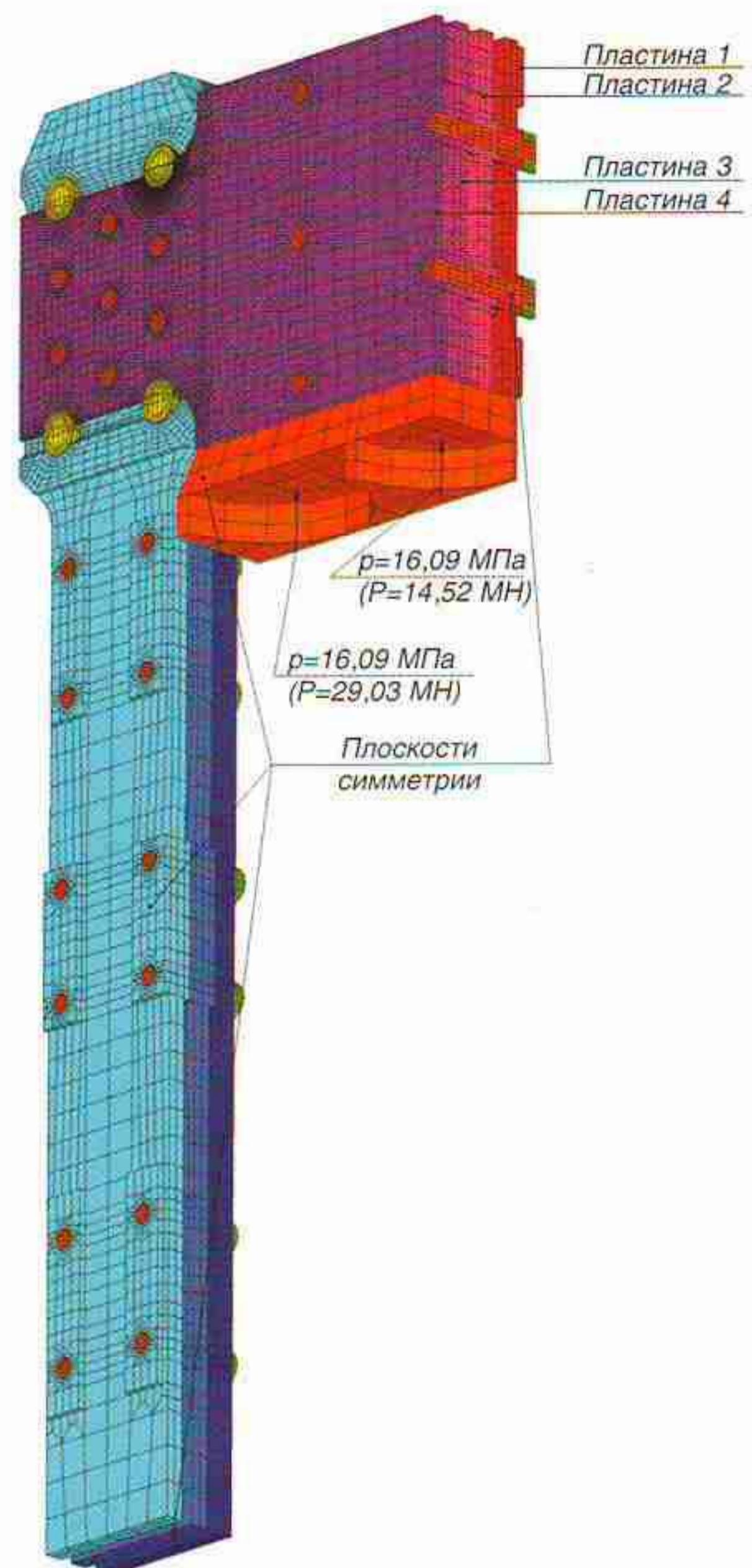


Рис. 2. Конечно-элементная модель углового соединения, схема наложения граничных условий при нагружении пресса силой $P_{\text{ном}}$ и нумерация пластин ригелей

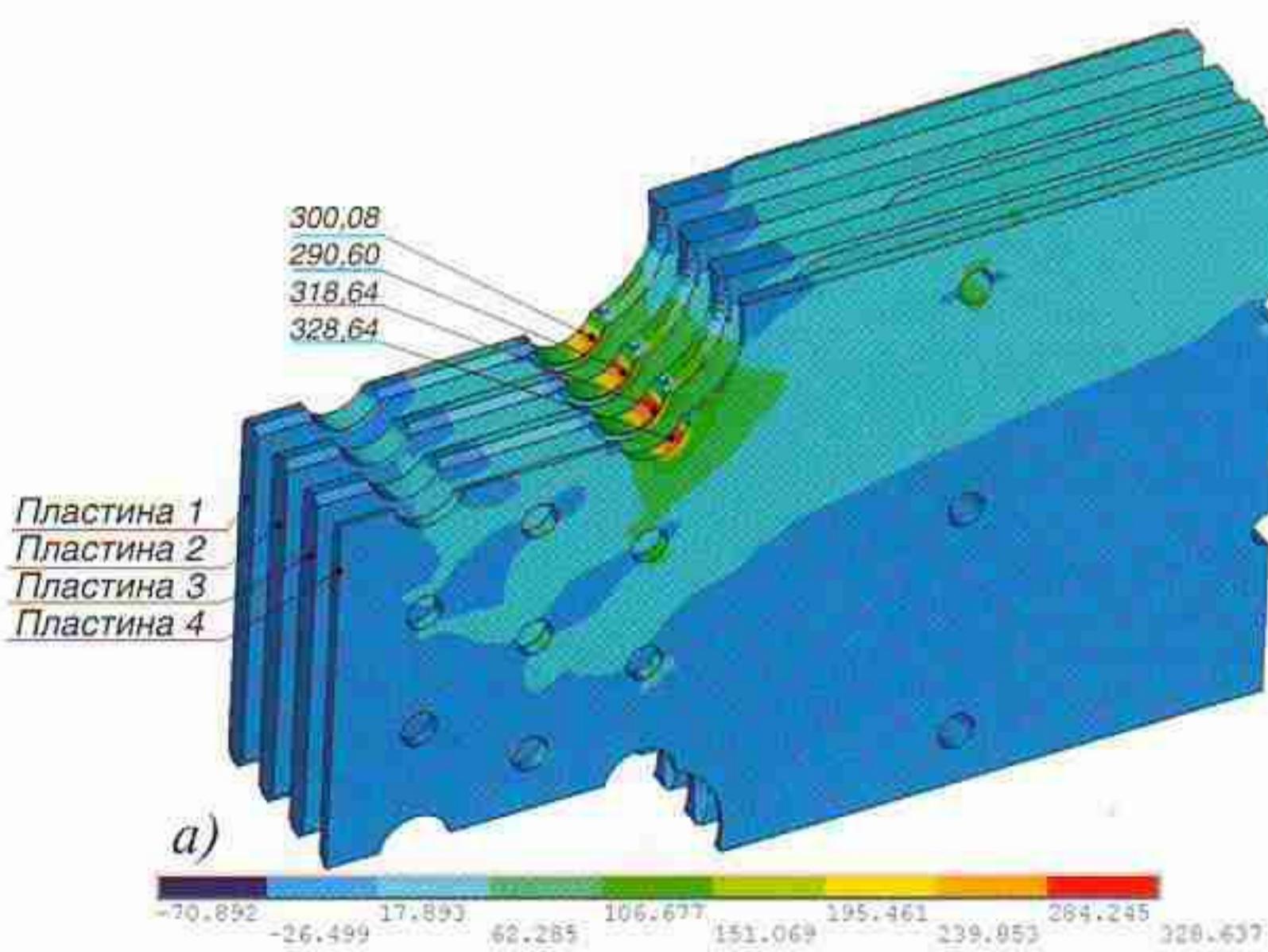
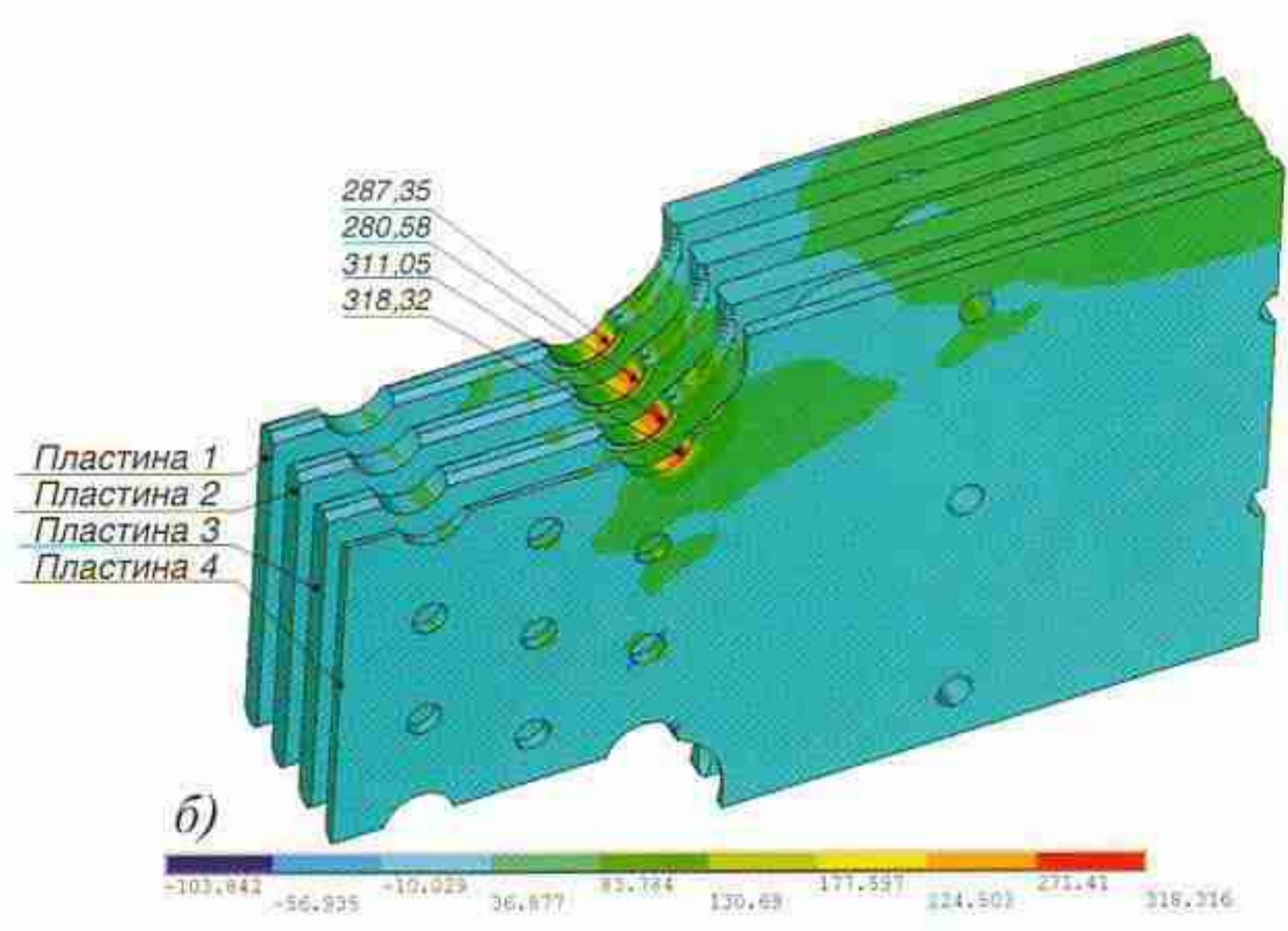


Рис. 4. Распределение первых главных напряжений σ_1 (МПа) в пластинах ригелей при нагружении пресса силой $P_{\text{пр}} = P_{\text{ном}}$:
а – при затяжке клиновых сухарей;



б – при отсутствии затяжки клиновых сухарей

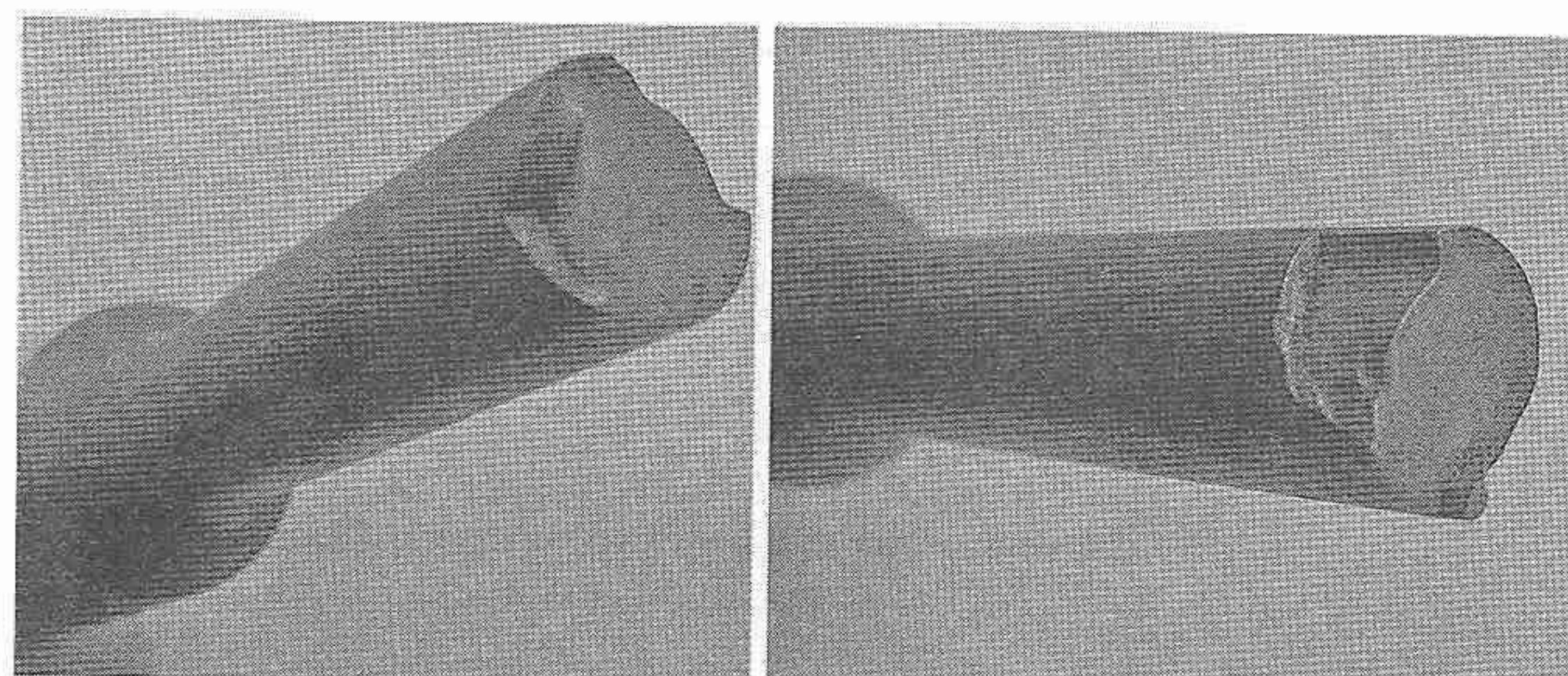


Рис. 6. Характер разрушения рабочей части пuhanсонов для обратного выдавливания

ботке по режиму № 2, так как в момент извлечения пuhanсона из детали растягивающие напряжения в поверхностном слое опасного сечения частично компенсируются остаточными напряжениями сжатия. Увеличение срока службы оснастки составило до 20 %. На пuhanсонах, обработанных по другим режимам, увеличения стойкости не наблюдалось.

Вывод. Показано, что варьирование режимов упрочнения поверхности инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 позволяет регу-

лировать свойства упрочненных слоев, обеспечивая их адаптацию к эксплуатационным режимам работы конкретной технологической оснастки.

Список литературы

1. Пантелейенко Ф. И., Ловшенко Ф. Г., Рогачев А. В. и др. Состояние и перспективы создания порошков и покрытий с наноразмерными ингредиентами // Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: Тематический сб. / Под общ. ред. П. А. Витязя, С. А. Астапчика. Минск: УП «Технопринт»; Новополоцк: ПГУ, 2003. С. 14–15.
2. Кенько В. М., Степанкин И. Н., Ткачёв В. М. и др. Исследование влияния напряженного состояния и поверхностного упрочнения матриц холодновысадочной оснастки на их стойкость // Кузнечно-штамповочное производство. 1999. № 11. С. 15–17.
3. Кенько В. М., Пигенко В. А., Степанкин И. Н. К вопросу учета технологии изготовления при проектировании обсечных пuhanсонов // КШП. ОМД. 2001. № 10. С. 26–30.
4. Пат. 4588 Беларусь, МПК С 23 С 8/00. Способ упрочняющей обработки быстрорежущей стали / В. М. Кенько, И. Н. Степанкин, С. Н. Гузов, В. И. Бобиков, В. Ф. Пинчуков, В. М. Выгляд.
5. Геллер Ю. А. Инструментальные стали: Справочник. М.: Металлургия, 1984. 584 с.

ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.979-52.001.573

Д. А. КУЛАГИН; И. А. СУРКОВ, канд. техн. наук (ООО «Надежность Плюс», г. Москва)
E-mail: info@nadezhnost.com

Исследование напряженного состояния углового соединения станины пресса силой 750 МН

Проведено теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния углового соединения станины пресса силой 750 МН. Определены значения напряжений в областях, не доступных для экспериментальных измерений. Установлено влияние затяжки клиновых сухарей на запас усталостной прочности пресса.

It is carried out theoretical study of the stress-strain state of frame angular joint of 750 MN press. The values of stresses in areas not accessible to experimental measurements are determined. The effect of wedge splitter tightening on fatigue safety margin of the press is found.

Ключевые слова: гидравлический пресс; напряженно-деформированное состояние; станина пресса; усталостная прочность; конечно-элементная модель.

Key words: hydraulic press; stress-strain state; press frame; fatigue strength; finite element model.

Уникальный гидравлический штамповочный пресс силой 750 МН (рис. 1, см. 2-ю полосу обложки) конструкции НКМЗ находится в эксплуатации 50 лет и, оставаясь самым мощным в мире, становится все более техно-

логически востребованным. Для обеспечения заданных технологических параметров базовые детали пресса имеют габаритные размеры и массы, предельные по условиям изготовления, транспортировки и монтажа. Наиболее

нагруженной многоэлементной конструкцией, определяющей прочностную надежность пресса, является его станина с габаритными размерами $11\ 700 \times 15\ 090 \times 30\ 195$ мм и массой 8600 т.

Станина пресса выполнена из четырех рамных секций, связанных внизу неподвижной траверсой 5 (см. рис. 1), а вверху — мощными продольными связями 1, расположенными на двух уровнях по высоте. Каждая рама выполнена сборной из пластин, изготовленных из толстых катаных плит. Ригели 3, 15 рамы состоят из семи пластин (каждый) толщиной по 180 мм. Стойки 7 рамы состоят из шести пластин (каждая) толщиной по 200 мм. Пластины стоек и ригелей стянуты шпильками 10, 12 диаметром 200 мм.

Наиболее ответственными узлами рам станины являются соединения в жесткий узел шести вертикальных пластин стоек и семи горизонтальных пластин ригеля. Это соединение осуществлено с помощью четырех валиков 11, 14, два из которых (11) выполнены сборными из полуваликов с двумя клиновыми поверхностями и двух сухарей, имеющих клиновые поверхности.

Затяжка клиновых сухарей проведена при нагружении рам силой, превышающей рабочую силу на 20 %, что обеспечивает предварительное напряженное соединение деталей рамы в угловом соединении пресса. Дополнительно детали рам в угловом соединении стянуты шпильками 13 диаметром 200 мм.

В период пусковых испытаний пресса были проведены измерения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) в наиболее нагруженных областях крайних пластин ригелей. По максимальным экспериментально измеренным главным напряжениям ($\sigma_1^{\max} = 202$ МПа) определено значение коэффициента запаса по усталости: $n = 1,08$. При этом напряжения в наиболее нагруженных областях средних пластин ригелей не изменились в связи с отсутствием доступа.

Минимальные запасы прочности и длительный срок эксплуатации определяют необходимость уточненного анализа НДС элементов станины пресса силой 750 МН. С це-

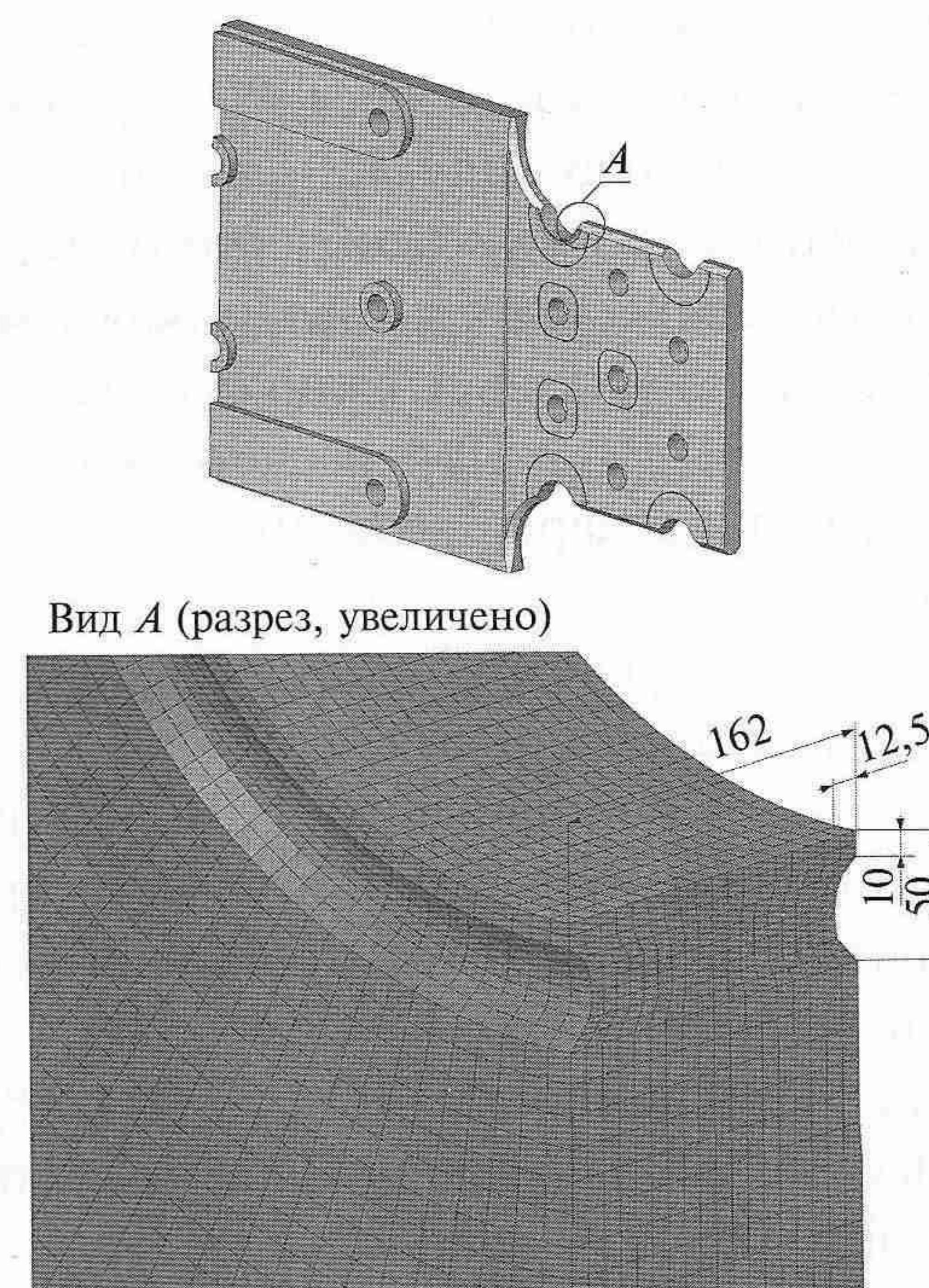


Рис. 3. Конечно-элементная сетка пластины ригеля в зоне выкружки

лью уточнения НДС станины в областях, не доступных для экспериментальных замеров, проведено математическое моделирование работы углового соединения. Для этого создана конечно-элементная модель углового соединения (рис. 2, см. 2-ю полосу обложки), представляющая собой 1/8 часть рамы пресса и максимально подробно отражающая геометрию горизонтальных пластин, включая канавку и антикоррозионную фаску в зоне выкружки (рис. 3).

Для всех узлов рамы, находящихся в физическом контакте друг с другом, реализованы условия контактного взаимодействия. В шпильках проведено моделирование паспортной силы затяжки, составляющей $1,9 \cdot 10^6$ МН. На три полученных плоскости симметрии наложены соответствующие граничные условия. Нагружение модели осуществляли через 1/4 часть подцилиндровой плиты путем приложения к ней давления $p = 16,09$ МПа, соответствующего номинальной силе в одном гидроцилиндре $P_{цил}^{\text{ном}} = 58,06$ МН.

Пластины ригеля находятся в условиях предварительного напряженного состояния

в связи с затяжкой клиновых сухарей при нагружении рам силой пресса $P_{\text{пр}}$, превышающей номинальную силу $P_{\text{ном}}$ на 20 %. Для моделирования затяжки необходимо сначала определить зазоры, которые возникают между контуром отверстия и валиком при силе пресса $P_{\text{пр}} = 1,2P_{\text{ном}}$. При расчете напряжений от затяжки сухарей величины этих зазоров задают как начальное взаимопроникновение контактирующих цилиндрических поверхностей сухарей и стоек.

Для полного исследования НДС углового соединения и оценки влияния на него предварительной затяжки была проведена серия расчетов:

1. Пресс нагружен силой $P_{\text{пр}} = 1,2P_{\text{ном}}$, клиновые сухари не затянуты. В результате расчета определены радиальные зазоры Δ , которые были выбраны при затяжке клиновых сухарей.

2. Пресс не нагружен ($P_{\text{пр}} = 0$), клиновые сухари затянуты на величину зазоров Δ , определенных в предыдущем расчете. В результате получено предварительное напряженное состояние углового соединения.

3. Пресс нагружен силой $P_{\text{пр}} = P_{\text{ном}}$, клиновые сухари затянуты на величину зазоров Δ .

На рис. 4, а (см. 2-ю полосу обложки) представлена картина распределения первых главных напряжений σ_1 в пластинах ригелей при нагружении пресса силой $P_{\text{пр}} = P_{\text{ном}}$ и затяжке клиновых сухарей (вариант расчета № 3). Из приведенных данных следует, что наиболее нагруженной является средняя плата ригеля (пластина 4), в выкружке которой максимальные напряжения превышают аналогичные напряжения в выкружке крайней пластины (пластина 1) на 10 %. В связи с этим далее данные по напряженному состоянию будут представлены для средней пластины.

На рис. 5 приведены эпюры главных напряжений σ_1 и σ_3 в наиболее опасной выкружке средней пластины для вариантов расчета № 2 и № 3. Анализ эпюр показывает, что полученные расчетом максимальные напряжения в средней пластине, не доступной для проведения экспериментальных исследований, в 1,6 раза больше замеренных напряже-

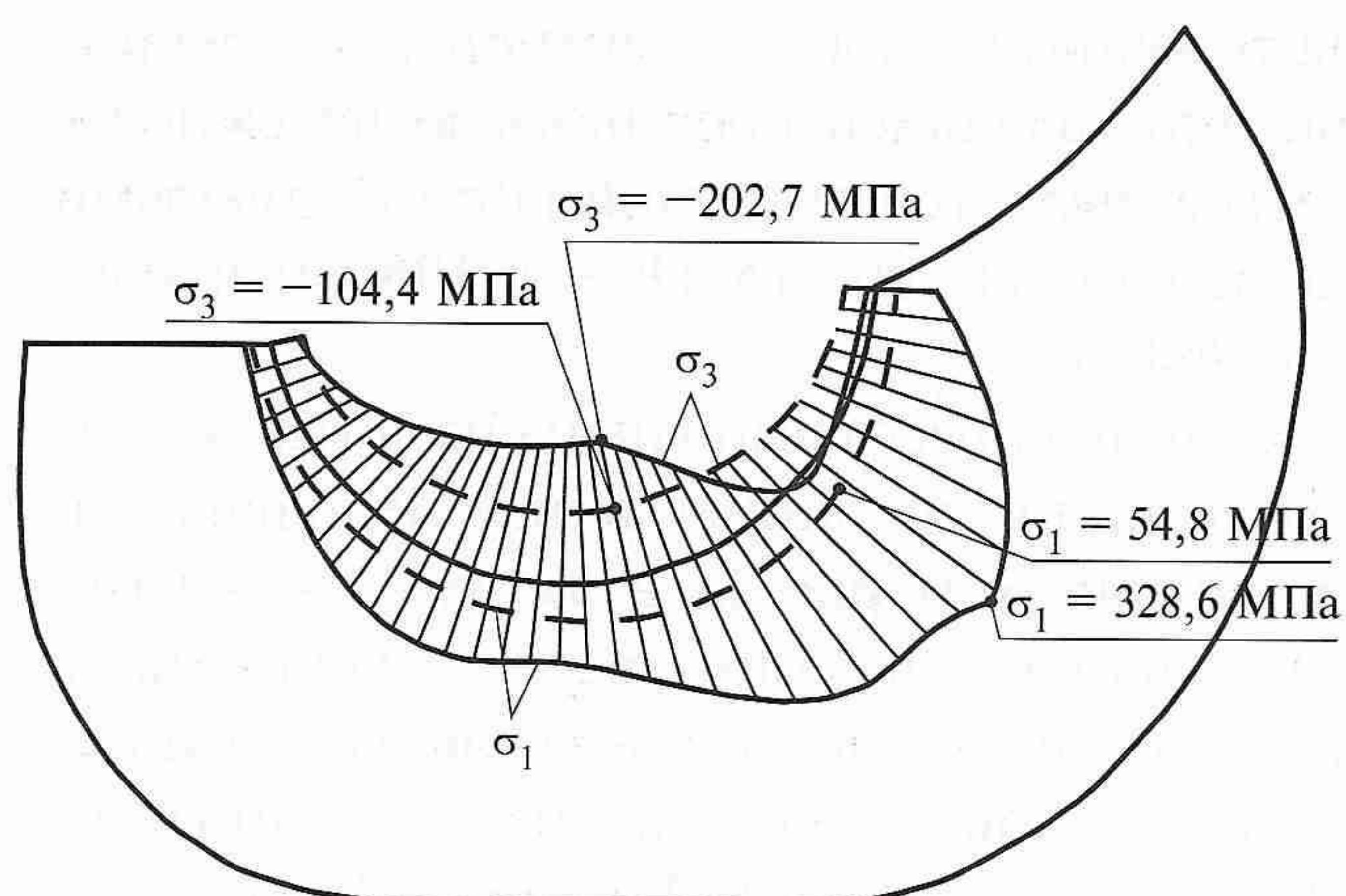


Рис. 5. Эпюры главных напряжений σ_1 и σ_3 в наиболее опасной выкружке средней пластины:

— напряжения от затяжки клиновых сухарей; — напряжения от затяжки клиновых сухарей и действия рабочей нагрузки $P_{\text{ном}}$

ний в крайней пластине, по которым был определен запас усталостной прочности станицы $n = 1,08$. Пульсационная составляющая цикла главных напряжений σ_1 , определяющих усталостную прочность углового соединения, составляет $\sigma_{1a} = (328,6 - 54,8)/2 = 136,9$ МПа.

Для оценки влияния затяжки клиновых сухарей на усталостную прочность проведен еще один расчет с использованием созданной модели углового соединения. Нагружение осуществляли силой $P_{\text{пр}} = P_{\text{ном}}$, затяжка клиновых сухарей отсутствовала.

На рис. 4, б (см. 2-ю полосу обложки) представлена картина распределения первых главных напряжений σ_1 в пластинах ригелей. Пульсационная составляющая цикла главных напряжений для средней пластины (пластина 4) составляет $\sigma_{1a} = 318,32/2 = 159,16$ МПа. Таким образом, работа пресса без затяжки клиновых сухарей повышает пульсационную составляющую σ_{1a} цикла главных напряжений на 14 %, что приводит к уменьшению запаса усталостной прочности.

Полученные результаты расчета хорошо согласуются с результатами эксперимента, проведенного при запуске пресса в эксплуатацию. Максимальная величина напряжений, полученная для внешней поверхности крайней пластины ригеля при запуске пресса в эксплуатацию, $\sigma_{1\text{max}}^{\text{эксп}} = 202$ МПа. Согласно расче-

ту аналогичные напряжения в той же зоне пластины ригеля составляют $\sigma = 197,2$ МПа. Таким образом, расхождение между результатами расчета и эксперимента составляет 2,4 %.

Выводы. 1. Создана математическая модель углового соединения станины пресса силой 750 МН, позволяющая определить напряженно-деформированное состояние деталей станины с учетом их реальной геометрии и условий взаимодействия.

2. В результате расчетов, проведенных с использованием математической модели углового соединения, установлено следующее:

— наиболее нагруженными являются выкружки средних пластин ригелей; максимальные напряжения в средней пластине, не доступной для проведения экспериментальных исследований, в 1,6 раза больше экспериментально замеренных напряжений в крайней пластине, по которым был определен запас усталостной прочности станины;

— работа пресса без предварительной затяжки клиновых сухарей повышает пульсационную составляющую цикла главных напряжений на 14 %, что приводит к уменьшению запаса усталостной прочности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. САПР

УДК 621.777.22.001.24

А. В. БОТКИН, канд. техн. наук; Р. З. ВАЛИЕВ, д-р физ.-мат. наук; Г. И. РААБ, канд. техн. наук;

А. И. НАЗМИЕВ, аспирант (УГАТУ, г. Уфа)

E-mail: botkinav@yandex.ru

Деформационные и силовые параметры процесса выдавливания, совмещенного с равноканальным угловым прессованием в параллельных каналах

На основе результатов моделирования, энергетического метода и экспериментальных данных получены пригодные для практического использования формулы для расчета скорости деформации и силы выдавливания, совмещенного с равноканальным угловым прессованием в параллельных каналах цилиндрической металлической заготовки.

On the basis of simulation results, the energy method and experimental data, there are obtained suitable for practical use formulas for calculating strain rate and force of extrusion combined with equal-channel angular pressing in parallel channels of cylindrical metal workpiece.

Ключевые слова: интенсивная пластическая деформация; прямое выдавливание; равноканальное угловое прессование; метод баланса работ; удельная сила; компьютерное моделирование.

Key words: severe plastic deformation; direct extrusion; equal channel angular pressing; works balancing method; specific force; computer simulation.

Выдавливание, совмещенное с равноканальным угловым прессованием (РКУП-ПК) цилиндрической металлической заготовки с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой [1], является перспективным развитием метода РКУП-ПК, ориентированным, прежде всего на увеличение производительности про-

цесса интенсивной пластической деформации (ИПД).

При обработке этим методом заготовка последовательно деформируется в неосесимметричном участке матрицы для прямого выдавливания и в участке матрицы для РКУП-ПК (рис. 1).