



Коркин

Николай Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Специальность 05.03.05

«Технологии и машины обработки давлением»

Автореферат

диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Москва – 2009 год

Работа выполнена в ОАО АХК «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения имени академика А.И. Целикова» (ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ») и в ОАО «Корпорация «Верхнесалдинское металлургическое производственное объединение-АВИСМА титано-магниевого комбинат» (ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»).

Научный руководитель: Лауреат Государственной премии СССР и лауреат премии Совета Министров СССР, доктор технических наук  
Сурков Александр Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Покровский А.М.  
кандидат технических наук  
Белоусов И.Я.

Ведущая организация: ООО «Уралмаш – Инжиниринг»

Защита диссертации состоится 1 декабря 2009 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д520.016.01 при ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ» по адресу: 109428, г. Москва, Рязанский проспект, 8а.

Ваш отзыв в одном экземпляре, заверенный печатью, просьба высылать по указанному выше адресу.

Справки по тел.: 730-45-39.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ».

Автореферат разослан

21 октября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Дрозд В.Г.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность**

Мощные гидравлические прессы, осуществляющие процессы обработки давлением, входят в состав производств, составляющих основу оборонного и промышленного потенциала России. Продукция, выпускаемая на этих прессах, используется во всех отраслях промышленности.

Сила, являющаяся главной технологической характеристикой прессы, создается и воспринимается базовыми деталями, составляющими станину прессы. Процесс обработки давлением происходит, как правило, с эксцентриситетом силы прессы. Превышение допустимых величин эксцентриситета вызывает значительное увеличение напряжений в базовых деталях и приводит к их разрушению, что вызывает длительные простои прессов, значительные расходы на ремонт и запасные части. Эксцентриситет силы прессы влияет и на качество штамповок, вызывая перекося подвижной поперечины и клиновидность штампуемого изделия.

Для предупреждения разрушения базовых деталей и повышения эффективности производства следует осуществлять контроль эксцентриситета силы прессы. Необходимость оснащения мощных гидравлических прессов системами контроля эксцентриситета неоднократно отмечалась в литературе по прессостроению, и были разработаны образцы таких систем. Однако, сложность и громоздкость аппаратуры восприятия, передачи, преобразования и представления информации не позволили запустить эти системы в промышленную эксплуатацию. К 2000 г. ни один из гидравлических прессов России не был оснащен системой контроля эксцентриситета и ограничения силы прессы. Поэтому обеспечение прочностной надежности мощных гидравлических прессов на дальнейший длительный период эксплуатации и повышение качества изделий ответственного назначения определяют актуальность работы, направленной на создание системы контроля и ограничения эксцентриситета силы прессы.

### **Цель**

Создание работоспособной постоянно действующей системы контроля и ограничения эксцентриситета силы мощного гидравлического прессы.

## **Задачи**

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи

1. Выбрать и обосновать методику исследования напряженно-деформированного состояния базовых деталей при центральной и эксцентричной силах мощного гидравлического пресса.

2. Выполнить исследование условий эксплуатации базовых деталей при центральной и эксцентричной силах пресса с установлением зависимости максимальных напряжений от величины эксцентриситета.

3. По результатам исследования разработать критерии и основные технические решения системы контроля эксцентриситета и ограничения силы пресса.

4. Разработать программно-аппаратное обеспечение системы контроля эксцентриситета и ограничения силы пресса.

### **На защиту выносятся:**

- создание и внедрение в промышленную эксплуатацию постоянно действующей системы контроля и ограничения эксцентриситета силы мощного гидравлического пресса со станиной колонного типа;

- зависимости, связывающие напряженное состояние базовых деталей с эксцентриситетом силы пресса;

- зависимости для определения осевых напряжений, напряжений изгиба, а также углового положения и величины максимального напряжения в сечении колонны по алгоритму линейного распределения напряжений;

- разработка программы автоматической работы контрольно измерительного комплекса, фиксирующей нагрузки по колоннам и сигнализирующая о недопустимых перегрузках.

### **Практическая ценность**

Впервые в мировой практике создана и внедрена в промышленную эксплуатацию система управления прочностными и технологическими параметрами гидравлических прессов.

Использование системы позволяет:

- предотвратить перегрузки прессы, вызываемые эксцентриситетами приложения технологической нагрузки;
- выполнить корректировку положения штамповой оснастки и свести к минимуму эксцентриситет технологической нагрузки;
- установить зависимость клиновидности штамповок и перегрузок колонн от формоизменения недоступных для наблюдения поверхностей контакта элементов штампового набора.

### **Внедрение**

Система контроля и ограничения эксцентриситета силы прессы установлена в 2003 г. на гидравлическом прессе силой 300 МН, работающем в ОАО «Корпорация «ВСМПО-АВИСМА». Претензий к работе системы нет.

### **Апробация**

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на 1-ой Российской конференции по кузнечно-штамповочному производству «Кузнецы Урала - 2005».

### **Публикации**

Основное содержание диссертации отражено в 5 статьях и в патенте РФ «Устройство системы диагностики гидравлического штамповочного прессы колонной конструкции», дата публикации 20.08.2009. БИ. 2009 №23.

### **Структура и объем**

Диссертация состоит из введения и пяти глав. Основное содержание и выводы изложены на 128 страницах. В работе 48 рисунков, 4 таблицы, список литературы содержит 53 наименования.

## **Основное содержание работы**

### **Глава 1. Объект исследования, обзор литературы и постановка задачи**

Приведены статистические данные об отказах мощных гидравлических прессов, связанных с разрушением главных цилиндров, колонн, поперечин. В заводских актах о расследовании аварий отмечается только, что разрушения

базовых деталей связаны с длительными сроками эксплуатации. В работах М.В. Сторожева, Х.А. Винокурского, В.А.Михеева, Б.В. Розанова, Э. Мюллера, В.И. Койреса, М.И. Будмана показана необходимость и предложены методы расчета базовых деталей при центральном и эксцентричном нагружениях гидравлического пресса. Расчетные оценки величин эксцентриситетов даются с необходимой точностью только для заготовок простой формы. При деформации заготовок сложной геометрии при реальных технологических режимах значения эксцентриситетов могут существенно отличаться от расчетных, а величины напряжений в базовых деталях значительно превышать допустимый уровень.

Для получения достоверных зависимостей, связывающих напряженное состояние базовых деталей с эксцентриситетом силы пресса, проведены экспериментальные исследования натуральных конструкций методом тензометрирования. В работах, выполненных под руководством Б.В. Розанова, показано, что для прессов силой 100 МН, 150 МН, 300 МН при эксцентриситете 100 мм суммарные напряжения в колоннах в 1,5 раза выше теоретических напряжения растяжения. Для реальных технологических процессов эксцентриситет силы пресса может быть существенно выше 100 мм, что приводит к возникновению максимальных напряжений в колоннах, значительно превышающих допускаемые величины. Поэтому обеспечение надежной работы базовых деталей требует контроля и ограничения эксцентриситета силы и пресса.

В работах Р.М. Лиснянского, В.П. Линца, М.Д. Медвинского, Е.Х. Риппа рассмотрены методика и аппаратура контроля эксцентриситета силы пресса с помощью мерительных устройств, устанавливаемых на колоннах. Предложенная аппаратура содержала ряд конструктивных недостатков (сильное усреднение показаний измерителей деформации, большие размеры элементов в направлении оси колонны, слишком большое число механических элементов), затрудняющих использование этой аппаратуры на реальных объектах.

К 2000 г. в России ни один из мощных гидравлических прессов не был оснащен системой контроля и ограничения эксцентриситета силы пресса. Поэтому цель настоящей работы заключается в создании работоспособной

постоянно действующей системы контроля и ограничения эксцентриситета силы мощного гидравлического пресса.

## **Глава 2. Программный комплекс и математические модели прессов со станиной колонного типа для исследования условий эксплуатации базовых деталей**

Большая часть гидравлических прессов силой до 300 МН имеют станину колонного типа с верхним расположением рабочих цилиндров. Эти прессы различаются по силе, назначению, конструктивному оформлению базовых деталей, числу цилиндров и колонн. Для разработки методики контроля эксцентриситета силы пресса необходимо установить закономерности, связывающие эксцентриситет силы с напряженным состоянием базовых деталей. Исследование этих закономерностей проведено на математических моделях базовых деталей ковочного пресса силой 60 МН и штамповочного пресса силой 300 МН. Оба прессы спроектированы и построены УЗТМ.

Ковочные гидравлические прессы УЗТМ силой 60 МН (в дальнейшем пресс 60 МН) получили наибольшее распространение среди прессов со станиной колонного типа в России и странах СНГ (рис. 1). Силу пресса создают три рабочих цилиндра 1, расположенных в архитраве 3. В цилиндрах под действием давления рабочей жидкости перемещаются плунжеры 2, передающие нагрузку на подвижную поперечину 4. Через плиты верхнего штампового набора 5, деформируемое тело (на рис. 1 не показано) и плиты нижнего штампового набора 6 нагрузка передается на основание 7. Колонны 8 передают нагрузку от нижней поперечины к архитраву. Каждая колонна имеет две внутренних 9 и две внешних 10 нарезанных части, на которых устанавливаются разрезные гайки.

Базовые детали уникальных прессов УЗТМ силой 300 МН имеют весьма высокие уровни напряжений, поэтому для них существенным является оценка и, в случае необходимости, ограничение эксцентриситета силы пресса. Пресс имеет 8 колонн и 8 рабочих цилиндров. Необходимость обеспечения допустимых уровней номинальных напряжений при значительном увеличении силы пресса (по

сравнению с прессом 60 МН) определила более сложную конструкцию архитрава, подвижной поперечины и основания.

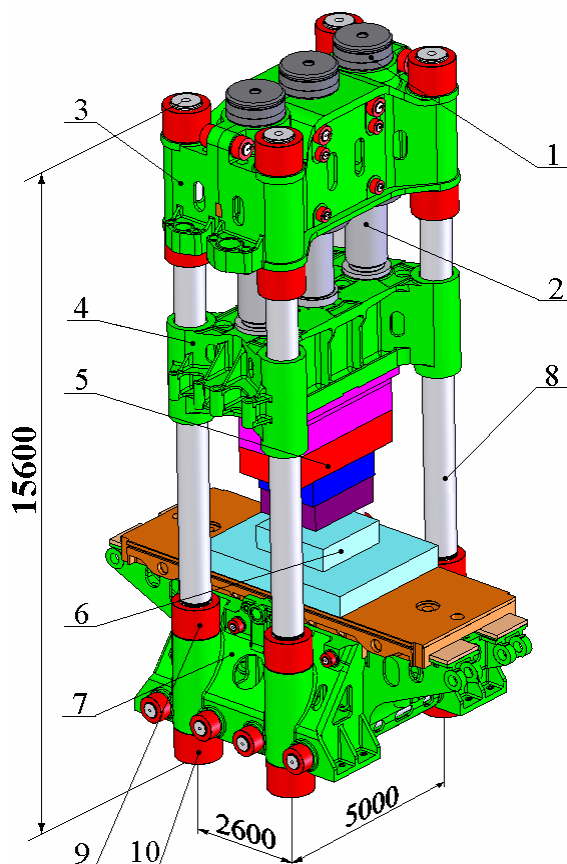


Рис. 1. Гидравлический пресс конструкции УЗТМ силой 60 МН

1 – гидроцилиндр; 2 – плунжер; 3 – поперечина верхняя; 4 - подвижная поперечина; 5 - плиты верхнего штампового набора; 6 – плиты нижнего штампового набора; 7 – основание; 8 – колонна; 9 – гайка внутренняя; 10 – гайка внешняя

Установление причин и предупреждение разрушений базовых деталей требуют уточненного анализа условий взаимодействия и напряженного состояния деталей пресса. Базовые детали станины имеют сложную геометрическую форму, работают в силовом контакте, поэтому метод решения должен позволять находить как условия взаимодействия деталей, так и величины максимальных напряжений в зонах концентрации. Поставленным требованиям отвечает математическое моделирование методом конечных элементов, реализованным в программном комплексе ANSYS.

Оценка точности математического моделирования проведена на задачах контактного взаимодействия двух цилиндров, посаженных с натягом, и растяжения полосы конечного размера с центральным отверстием, имеющих точное



аналитическое решение. Расхождение результатов аналитического и численного методов решения не превысило 4%. Узел колонна-гайка относится к многоэлементным контактными соединениям с конструктивными концентраторами напряжений. Оценка точности математического моделирования таких соединений, проведенная сопоставлением с экспериментом методом фотоупругости, показала, что их результаты отличаются не более, чем на 5%. Таким образом, точность математического моделирования с использованием программного комплекса ANSYS вполне достаточна для инженерных расчетов.

Полное моделирование силовых конструкций прессов силой 60 МН и 300 МН является весьма сложным и трудоемким. Кроме того, оценка влияния эксцентриситета на базовые детали прессов не требует полного воспроизведения геометрии силовых конструкций. Это позволяет провести исследование напряженного состояния базовых деталей при различных режимах нагружения на локальных математических моделях, что существенно упрощает конструкцию моделей и сокращает объем вычислений.

### **Глава 3. Исследование напряженного состояние базовых деталей и критерий эксцентриситета силы пресса**

Эксцентриситет силы пресса увеличивает напряжения в базовых деталях и вызывает перекося подвижной поперечины, что приводит к клиновидности штамповок. Исполнительными органами устройств выравнивания подвижной поперечины служат синхронизирующие и рабочие цилиндры. Индикатором перекося в этих устройствах является геометрическое положение подвижной поперечины. В связи с этим целесообразно оценить возможность использовать для оценки величины и направления эксцентриситета силы пресса напряженное состояние подвижной поперечины.

Влияние эксцентриситета силы на напряженное состояние подвижной поперечины пресса силой 60 МН исследовано при эксцентриситете 220 мм в направлении продольной оси поперечины. Эта величина на 20 мм превышает допустимую величину эксцентриситета, принятую заводом-изготовителем.

Расчеты проведены для двух крайних схем нагружения:

– момент эксцентричного нагружения воспринимается круговыми поверхностями центрального плунжерного стакана, что происходит в результате износов поверхностей контакта направляющих в колонных стаканах и сферических пят боковых плунжеров (рис. 3, а);

– в результате износа поверхностей контакта подвижной поперечины с центральным плунжером момент эксцентричного нагружения воспринимается направляющими колонных стаканов подвижной поперечины (рис. 3, б).

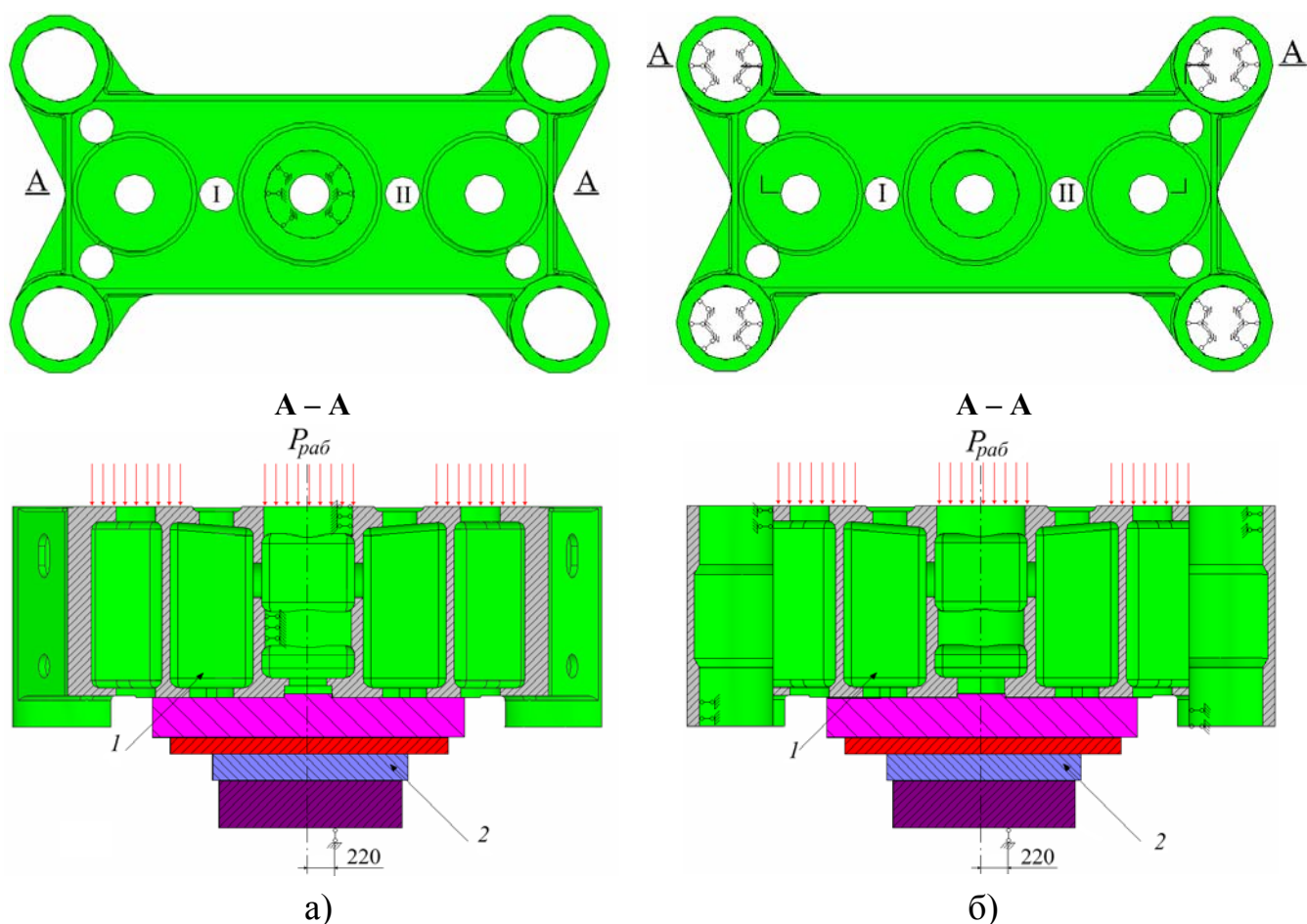


Рис. 3. Расчетная схема подвижной поперечины при восприятии момента эксцентричного нагружения центральным плунжером (а) и колоннами прессы (б)

На рис. 4 показаны эпюры напряжений на внешнем контуре поперечины. Максимальные напряжения при эксцентричном нагружении возрастают по сравнению с центральным нагружением, но их величина не превышает 70 МПа. Разница между максимальными напряжениями при центральном и эксцентричном нагружениях составляет 20 МПа.

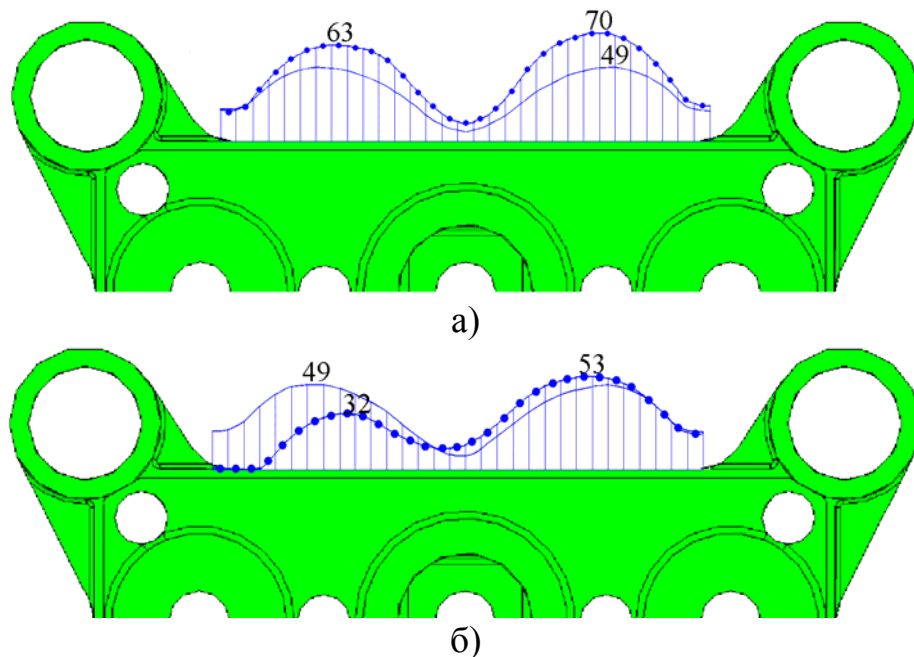


Рис. 4. Напряжения  $\sigma_1$ , МПа, на контуре поперечины при восприятии момента эксцентричного нагружения центральным плунжером (а) и колоннами прессы (б)  
 — центральное нагружение;  
 —•••••— эксцентричное нагружение

Напряженное состояние на контуре технологических отверстий в верхней растянутой плите представлено на рис. 5. Максимальные напряжения при эксцентричном нагружении не превышают 53 МПа, максимальная разница между напряжениями при центральном и эксцентричном нагружениях не превышает 33 МПа. На большей части контуров отверстий I и II разница между напряжениями при центральном и эксцентричном нагружениях пренебрежимо мала.

Подвижная поперечина выполнена из литой стали 35. Предел выносливости этой стали при пульсирующем цикле составляет  $\sigma_0 = 190$  МПа. Максимальные напряжения при эксцентриситете 220 мм не превышают 70 МПа, т.е. запас прочности по усталости составляет  $n = 2,7$ .

Приведенные выше результаты показали, что в подвижной поперечине эксцентриситет силы не вызывает напряжений, опасных для прочности поперечины, а разница между напряжениями при центральной и эксцентричной силах не содержит информации, достаточной для оценки эксцентриситета силы прессы. Поэтому подвижная поперечина не может быть использована в качестве индикатора эксцентриситета силы прессы.

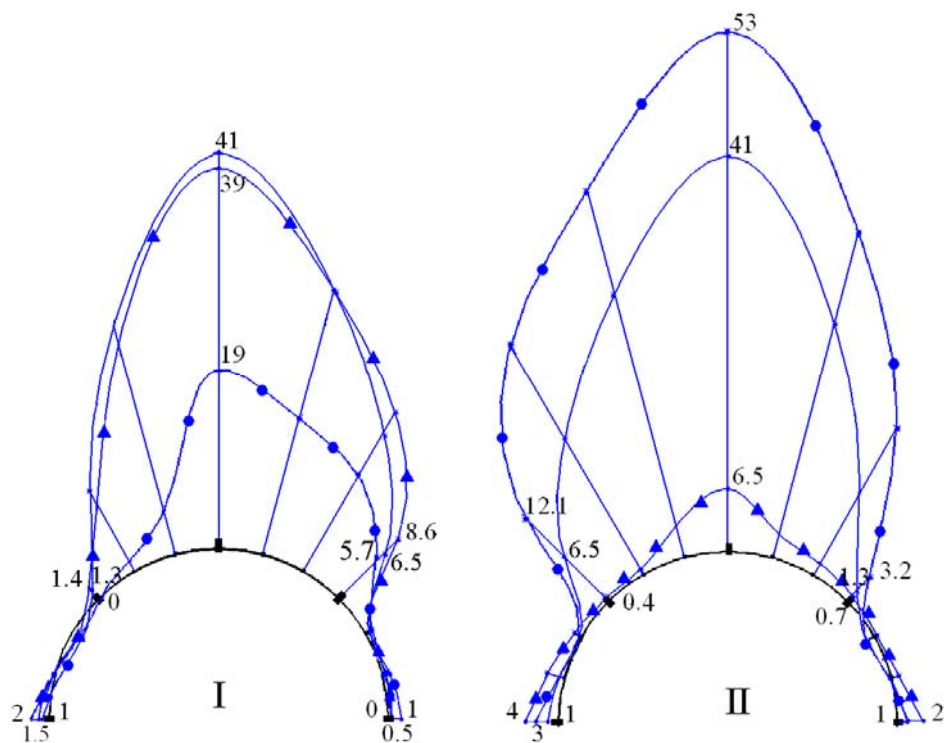


Рис. 5. Напряжения на контуре технологических отверстий I и II  $\sigma_1$ , МПа:

- центральное нагружение;
- - - эксцентричное нагружение (момент воспринимается хвостовиком);
- эксцентричное нагружение (момент воспринимается колоннами)

Исследование напряженного состояния колонн прессов 60 МН и 300 МН при центральном и эксцентричном нагружениях выполнено в предположении, что зазоры между направляющими подвижной поперечины и колоннами больше прогиба колонн, т.е. поперечина не оказывает непосредственного влияния на колонны. Для прессы 60 МН и 300 МН точка приложения эксцентричной силы прессы расположена в продольной плоскости симметрии. Для прессы силой 300 МН распределение центральной и эксцентричной нагрузок принято одинаковым для всех секций, поэтому расчеты проводились для одной секции (рис. 6).

Расчеты показали, что сила трения в шаровых опорах плунжеров больше силы  $T$ , поэтому момент эксцентричного нагружения воспринимается плунжерами и передается на архитрав в области посадочных мест под рабочие цилиндры. Эта сила может быть определена из условия равновесия:

$$T = P \cdot \frac{e}{H + L}, \quad (1)$$

где

$P$  – усилие прессы,

$H$  – высота подвижной поперечины со штамповым набором,

$L$  – высота от подвижной поперечины до приложения силы  $T$  к архитраву,

$e$  – величина эксцентриситета.

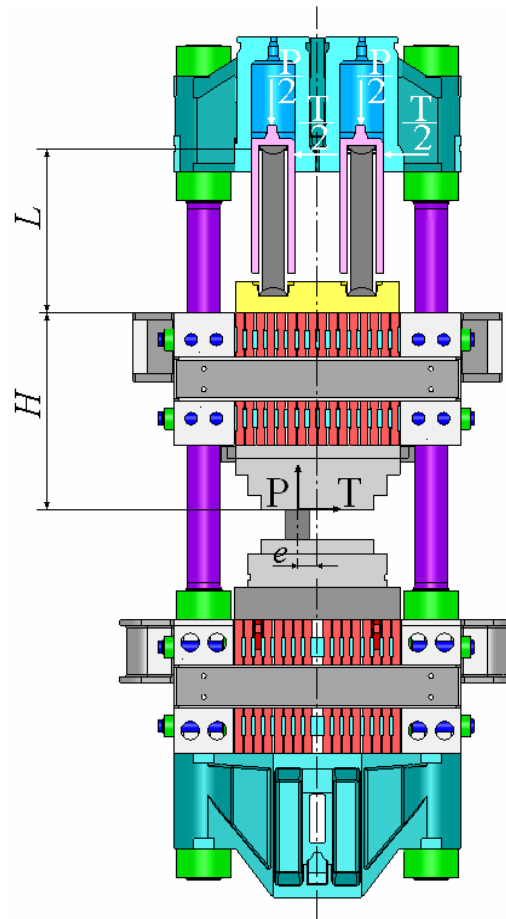


Рис. 6. Расчетная схема секции прессы 300 МН при эксцентричном нагружении

После определения сил  $T$  напряжения в колоннах определяются на локальных моделях, состоящих из архитрава, колонн и основания. Архитравы прессов 60 МН и 300 МН имеют меньшую жесткость, чем основания, поэтому в колоннах напряжения в зоне архитрава выше, чем в зоне основания. На рис.7 и рис. 8 представлены эпюры напряжений по контурам колонн прессов 60 МН и 300 МН в сечениях с линейным распределением напряжений, лежащих в непосредственной близости от верхних внутренних гаек колонн.

При эксцентриситете 220 мм по сравнению с центральным нагружением максимальные напряжения в колоннах возрастают вдвое, а их величины для прессов 60 МН и 300 МН достигают, соответственно, 110 МПа и 200 МПа. Эти величины вполне достаточны для технических измерений, а линейное распределение напряжений по сечению колонны позволяет определить величину и угловое положение плоскости с максимальными напряжениями по замерам в трех точках сечения. Поэтому в качестве индикатора эксцентриситета силы прессы принимается напряженное состояние колонн. Для оценки величины и направления эксцентриситета используются векторы максимальных напряжений в сечениях колонн, расположенных вблизи верхних внутренних гаек.

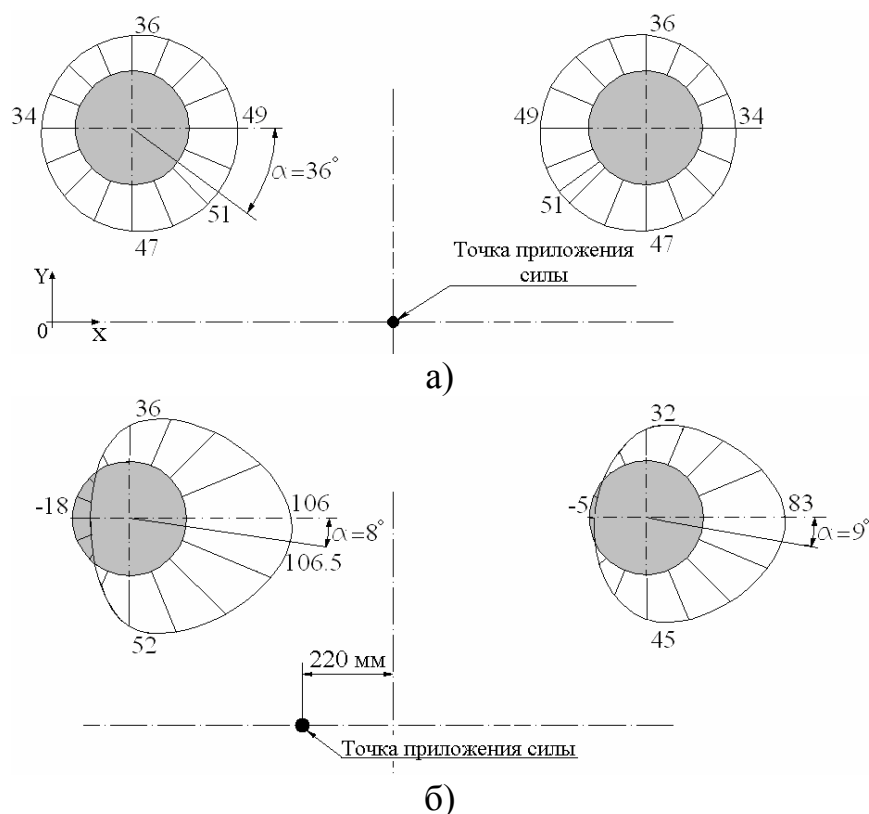
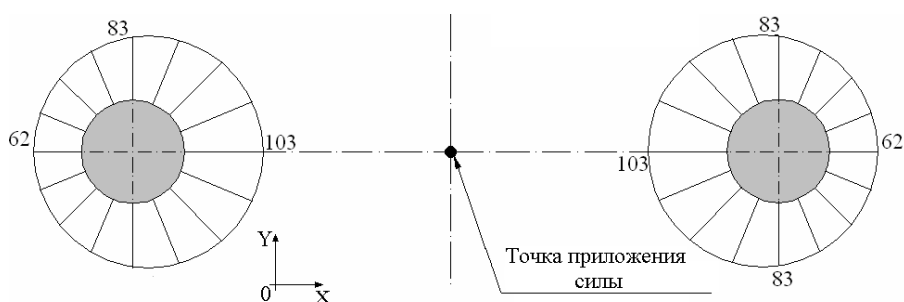


Рис. 7. Осевые напряжения по контуру колонн прессы 60 МН в сечении вблизи внутренних гаек архитрава, МПа:  
 а) при центральном нагружении;  
 б) при эксцентричном нагружении



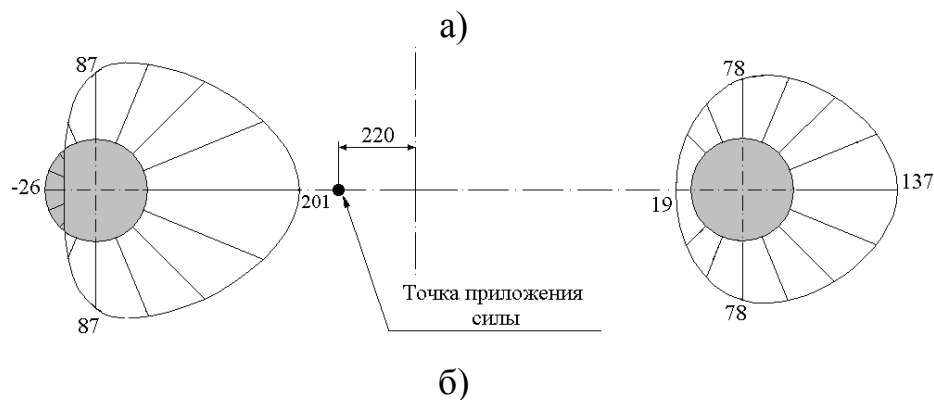


Рис. 8. Осевые напряжения по контуру колонн прессы 300 МН в сечении вблизи внутренних гаек архитрава, МПа  
 а) при центральном нагружении;  
 б) при эксцентричном нагружении

#### Глава 4. Алгоритм и программно-аппаратное обеспечение системы контроля и ограничения эксцентриситета силы гидравлического прессы силой 300 МН

Система контроля и ограничения эксцентриситета силы мощного гидравлического прессы (в дальнейшем Система) для измерения напряжений в колоннах использует тензометрические датчики с базой 10 мм. Датчики устанавливаются в зонах действия максимальных напряжений вблизи верхних внутренних гаек колонн. Для обеспечения возможности расчетной оценки величины и углового положения максимального напряжения в сечении колонны датчики должны располагаться в сечении с линейным распределением напряжений, т.е. вне зоны влияния краевого эффекта гайки. Расчетом показано, что это влияние заканчивается на расстоянии 390 мм от нижнего торца верхней внутренней гайки колонны. Но при верхнем положении подвижной поперечины верхняя кромка ее колонного стакана находится на расстоянии 300 мм от торца гайки. Поэтому для обеспечения механической безопасности четыре датчика с угловым расстоянием между ними  $90^\circ$  (рис. 9) были установлены на расстоянии 270 мм от нижнего торца внутренней гайки архитрава. Расчет показал, что в этом сечении за счет влияния краевого эффекта гайки замеренные напряжения будут на 8% выше номинальных напряжений. Разница между замеренными и расчетными растягивающими напряжениями учитывается введением поправочного коэффициента. На угловое положение максимального напряжения краевой эффект влияния не оказывает.

При линейном распределении напряжений в сечении колонны напряжения по ее контуру (на поверхности колонны) изменяются по закону

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_u \cdot \cos \beta \quad (2)$$

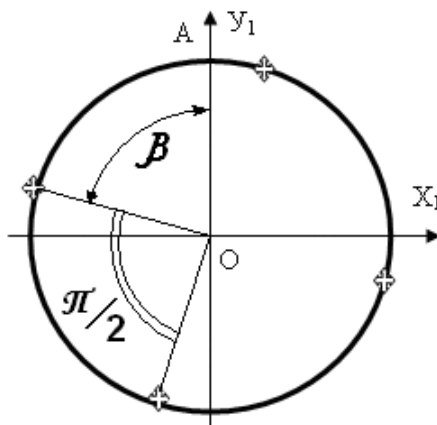


Рис. 9. Расположение датчиков на колонне и направление отсчета углов

Записав выражения для напряжений на каждом датчике и решив эту систему относительно  $\sigma_p$ ,  $\sigma_u$  и  $\beta$ , получаем следующие зависимости

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{1}{2} \cdot (\sigma_1 + \sigma_3) = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_2 + \sigma_4) = \frac{1}{4} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4); \\ \sigma_u &= \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_p)^2 + (\sigma_2 - \sigma_p)^2} = \sqrt{(\sigma_3 - \sigma_p)^2 + (\sigma_4 - \sigma_p)^2} = \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_4)^2} \\ \operatorname{tg}(\beta) &= \frac{\sigma_2 - \sigma_p}{\sigma_1 - \sigma_p} = \frac{\sigma_4 - \sigma_p}{\sigma_3 - \sigma_p} = \frac{\sigma_2 - \sigma_4}{\sigma_1 - \sigma_3}. \end{aligned} \quad (3)$$

Показание четвертого датчика используется для контроля точности замеров.

Программная часть Системы выполнена на основе комплекса АСТест<sup>®</sup>, предназначенного для автоматизации технологических установок. Система работает на трех уровнях:

а) уровень оператора, позволяющий своевременно реагировать на чрезвычайные ситуации, но не дающий возможности вмешиваться в её работу;



б) уровень технолога, позволяющий производить корректировку нулей и допустимых значений контролируемых параметров, анализировать результаты замеров и проводить их статистическую обработку;

в) уровень администратора, при котором возможен полный контроль работы системы без вмешательства в исходный программный код.

Программное обеспечение Системы позволяет проводить настройку на эксперимент, хранить сценарии эксперимента, проводить измерения в реальном масштабе времени с одновременной архивацией и визуализацией экспериментальных данных. В масштабе реального времени выполняется первичная математическая обработка и допусковый контроль значений измеряемых параметров

При работе пресса Система в автоматическом режиме опрашивает 32 канала, оцифровывает поступающие данные, производит их математическую обработку, отображает измеряемые, расчётные и логические параметры на экране монитора (рис.10). Вся визуальная информация привязана к колоннам и расположенным на них тензодатчикам.

Установлены пороговые предаварийный (120 МПа) и аварийный (150 МПа) уровни напряжений. Если при работе пресса предаварийный уровень будет превышен хотя бы одним из 32 измеряемых или 8 расчетных напряжений, то на пульт управления подается сигнал предаварийной ситуации. Если превышен аварийный уровень, то на пульт управления подается сигнал аварийной ситуации и автоматически прекращается подача давления в рабочие цилиндры. Информация по изменению всех 78 параметров на протяжении процесса прессования заносится в файл на жесткий диск. Вся информация сохраняется в формате базы данных и доступна для последующей обработки и сравнительного анализа.

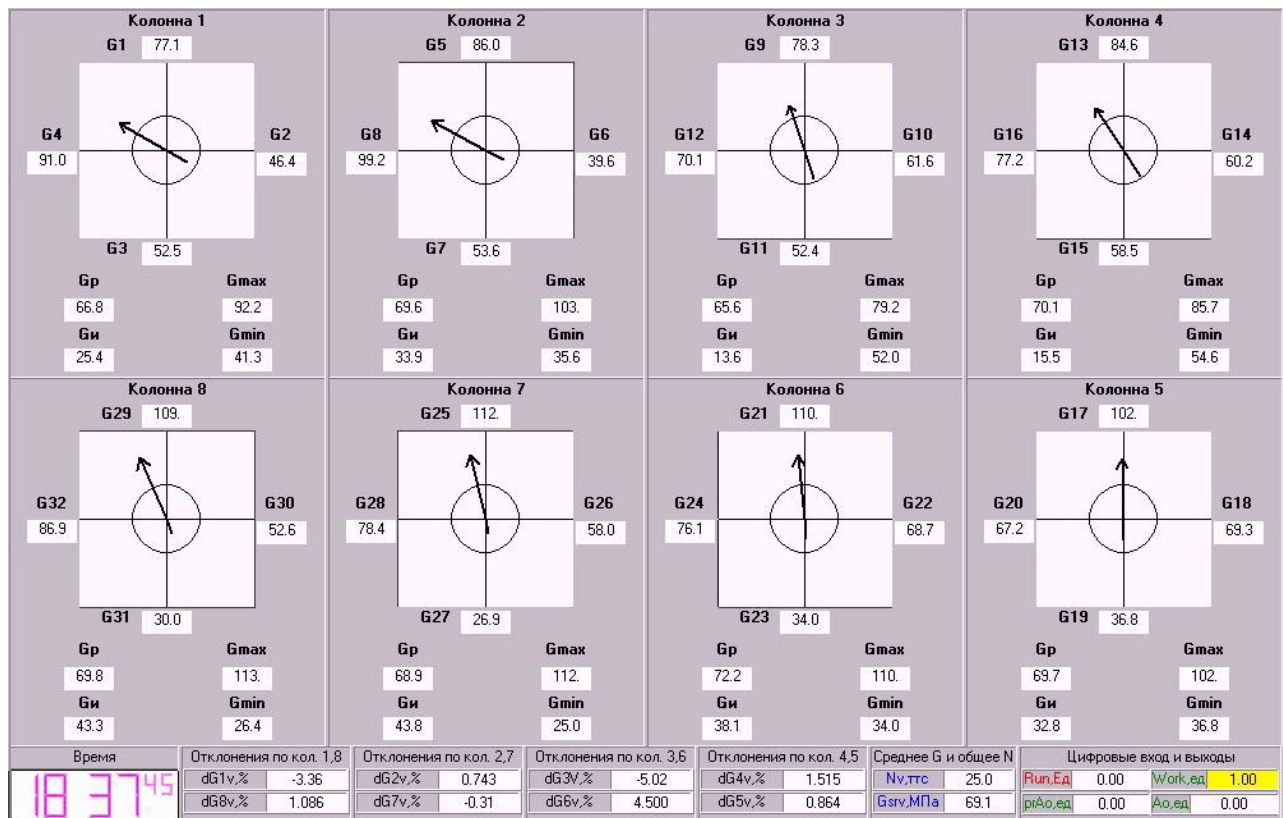


Рис.10. Внешний вид экрана при работе системы в автоматическом режиме. Стрелки показывают направление действия максимального напряжения по колонне:

G – показания датчика (МПа); Gr – растягивающее напряжение по колонне; Gmax - максимальное напряжение по колонне номер i; Gi - максимальное изгибающее напряжение по колонне; Gmin – минимальное напряжение по колонне; dG% - отклонение, (%), растягивающего напряжения по колонне от среднего растягивающего напряжения по колоннам

## Глава 5. Отработка системы управления при пусковых испытаниях и результаты ее использования во время эксплуатации прессы

Значительный объем работ при пусковых испытаниях Системы был связан с оценкой скорости работы Системы, необходимой для предотвращения аварийных ситуаций. При возникновении в колоннах аварийных величин напряжений Система должна своевременно прекратить подачу рабочей жидкости высокого давления в главные цилиндры. В качестве критерия своевременности принимается время, в течение которого напряжения в колонне от аварийного уровня 150 МПа вырастают до предела текучести материала колонны 280 МПа.

Время реакции Системы на сигнал аварии складывается из двух частей. В первую входят затраты времени на оцифровку сигналов с тензодатчиков, ввода паке-

та данных в компьютер, компьютерной обработки поступившего пакета информации. Вторая часть определяется временем реакции системы управления пресса, в которую входят затраты времени на срабатывание реле, выработку решения и срабатывание клапана аварийного сброса давления. Среднее время реакции системы на сигнал аварии определено экспериментально и составило 2,7 секунды.

На прессе 300 МН аварийная ситуация была предотвращена при осадке цилиндрической заготовки, проведенной без предварительной технологической проработки. Заготовка была расположена на штамповой плите со значительным эксцентриситетом, поэтому при силе 91 МН напряжения в колонне № 6 достигли 120 МПа, и был дан сигнал предаварии. Сила пресса продолжала расти и при 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 сек., что позволило ограничить максимальные напряжения в колонне на уровне 185 МПа и предотвратить аварийную ситуацию на прессе.

Ввод в эксплуатацию Системы дал возможность восстановить проектные технологические параметры пресса 300 МН и повысить качество получаемых изделий. После установки Системы по напряженному состоянию колонн было установлено, что штамповка изделий различной конфигурации происходит с эксцентриситетом в поперечной плоскости пресса, что приводило к их клиновидности. Это увеличивало объем последующей механической обработки, а, в ряде случаев, приводило к отбраковке изделий. Максимальные напряжения в колоннах при силе пресса 244 МН достигали аварийного уровня 150 МПа. Причина постоянного одностороннего эксцентриситета заключалась в клиновой выработке внутренних, недоступных для наблюдения, элементов штампового набора в направлении поперечной оси пресса. Устранение эксцентриситета с минимальными затратами времени было достигнуто за счет создания в верхних элементах штампового набора клина противоположного направления. После корректировки поверхностей элементов штампового набора при силе пресса 245 МН максимальные напряжения по колоннам не превышали 90 МПа, направления изгиба колонн стало

симметричным относительно осей прессы, что подтверждает центральное нагружение прессы. Геометрия изделия стала соответствовать техническим требованиям.

### **Общие выводы по работе**

1. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния базовых деталей прессов со станиной колонного типа силой 60 и 300 МН при центральном и эксцентричном нагружениях методом математического моделирования. На основании результатов исследований:

- показано, что наличие эксцентриситета приложения силы прессы в существенной степени сказывается на прочности колонн, поэтому индикатором величины и направления эксцентриситета силы прессы является напряженное состояние колонн прессы;

- установлено, что наиболее напряженными зонами колонн, где должны быть расположены измерительные элементы, являются сечения вблизи верхних внутренних гаек колонн;

- найдены зависимости, связывающие показания чувствительных элементов с величинами и угловыми положениями максимальных напряжений в колоннах, которые характеризуют эксцентриситет силы прессы.

2. Разработана постоянно действующая Система контроля и ограничения эксцентриситета силы прессы. Применение Системы позволяет:

- предотвращать критические ситуации на прессе при возникновении недопустимых величин напряжений вследствие эксцентриситета нагружения путем ограничения силы прессы;

- устанавливать зависимость клиновидности штамповок и перегрузок колонн от формоизменения недоступных для наблюдения поверхностей контакта элементов штампового набора;

- контролировать эффективность внедрения технических решений по устранению недопустимых величин эксцентриситета силы прессы;

- выполнять корректировку параметров технологического процесса и оценивать качество монтажа колонн.

3. Впервые в практике мирового прессостроения создана постоянно действующая Система контроля и ограничения эксцентриситета силы пресса. Система внедрена на ОАО «ВСМПО-АВИСМА» на прессе силой 300 МН конструкции УЗТМ и находится в эксплуатации с 2004 г. Претензий к работе системы нет.

#### **Основные содержание диссертации изложено в публикациях:**

1. 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.

2. Коркин Н.П., Сурков И.А., Тимохин И.В. Влияние эксцентриситета нагружения гидравлического пресса на напряженное состояние подвижной поперечины // КШП-ОМД. 2008. № 4. С. 28-32.

3. Коркин Н.П., Сурков И.А., Тимохин И.В. Влияние эксцентриситета нагружения на напряженное состояние колонн мощного гидравлического пресса // КШП-ОМД. 2008. № 5. С. 40-43.

4. Коркин Н.П. Система управления прочностными и технологическими параметрами гидравлического пресса со станиной колонного типа // КШП-ОМД. 2008. № 6. С. 21-26.

5. Коркин Н.П., Сафронов Д.В., Сурков И.А. Система контроля и ограничения нагрузки на колонны мощных гидравлических прессов // Автоматизация в промышленности. 2008. № 12. С. 9-12.

6. Патент РФ № 2364511. Устройство системы диагностики гидравлического штамповочного пресса колонной конструкции / Коркин Н.П., Кулагин Д.А., Марков Д.В. и др. // Опубл. 20.08.2009. БИ. 2009 №23.





