

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/44TVN517.pdf>

Статья опубликована 23.10.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Анцифиров А.А., Кривошеин В.А. Подбор оптимального гидравлического привода для пресса номинальной силой 5МН // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017)

<https://naukovedenie.ru/PDF/44TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.7-52

Анцифиров Алексей Анатольевич

ГОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва¹

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: aaleksei@inbox.ru

Кривошеин Виталий Александрович

ГОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: krivosheinvitaly@gmail.com

Подбор оптимального гидравлического привода для пресса номинальной силой 5МН

Аннотация. Приведенное в статье исследование посвящено подбору электродвигателя привода гидравлического пресса номинальной силой 5МН. В статье приводятся основные характеристики, описание работы пресса при помощи средств механизации технологического процесса обработки давлением. При использовании программного пакета Deform-3D проведено моделирование процесса штамповки крестовины карданного вала ЗИЛ 130. На основе представленной гидравлической схемы пресса сформирована его топологическая модель в программном пакете ПА-9. Полученная в ходе результатов моделирования технологического процесса штамповки сила деформирования использовалась в топологической модели пресса. При помощи табличной циклограммы приводится последовательность срабатывания конечных включателей и гидрораспределителей во время технологического процесса штамповки.

В статье упоминается недостаток метода расчета установочной мощности электродвигателя гидропривода, что иллюстрируется результатами исследования путем моделирования работы пресса. Исследования проводятся сравнением номинальных и эквивалентных токов для двигателя со значением установочной мощности и двигателей со значением мощностей меньше установочной, после чего обосновывается выбор марки электродвигателя с оптимальными характеристиками, которые обеспечивают номинальные параметры гидропресса.

Акцентировано внимание на том, что для проведения исследований путем моделирования можно формировать матрицу планирования эксперимента для подбора параметров гидропривода пресса.

¹ 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 22, кафедра МТ6

Ключевые слова: гидравлический привод; энергоэффективность; гидропривод; моделирование; исследование

Введение

Современный подход к разработке нового кузнечно-прессового оборудования, а также модернизации уже существующих машин обработки металлов давлением предполагает использование результатов исследований, проводимых путем моделирования работы математической модели пресса. Благодаря подобным исследованиям можно провести оценку энергетических затрат на выполнение предполагаемых технологических операций обработки давлением при нагрузках пресса близких к номинальным позволяет осуществить подбор оптимального привода кузнечно-прессового оборудования и, в конечном итоге, оценить экономический эффект от его применения на реальном прессе.

Для гидравлических прессов одним из актуальных направлений исследований является подбор мощности электродвигателя гидропривода. Достигнуть поставленной цели при решении подобных задач можно при помощи современных программных комплексов, таких как ПА-9 [1]. С помощью этого комплекса можно провести исследование работы гидропривода пресса для заданного технологического процесса штамповки с использованием типовых элементов, из которых для моделирования формируется сам пресс.

Описание работы пресса

Гидравлический пресс [2, 3] номинальной силой 5МН, на примере которого осуществляется подбор гидропривода в программном комплексе ПА-9 представлен на рис. 1, основные характеристики пресса приведены в таблице ниже. Подвижная поперечина и вспомогательные средства механизации технологического процесса штамповки управляются от одного гидропривода.

Таблица 1

Технические характеристики пресса

Усилие пресса, кН	200...5000
Рабочий ход, мм	300
Скорость перемещения штока гидроцилиндра:	
подвод, м/мин.	1
прессование, м/мин.	0,72
отвод, м/мин.	2,8
Расход жидкости при прессовании в конце хода, л/мин.	140
Рабочее давление, МПа	25

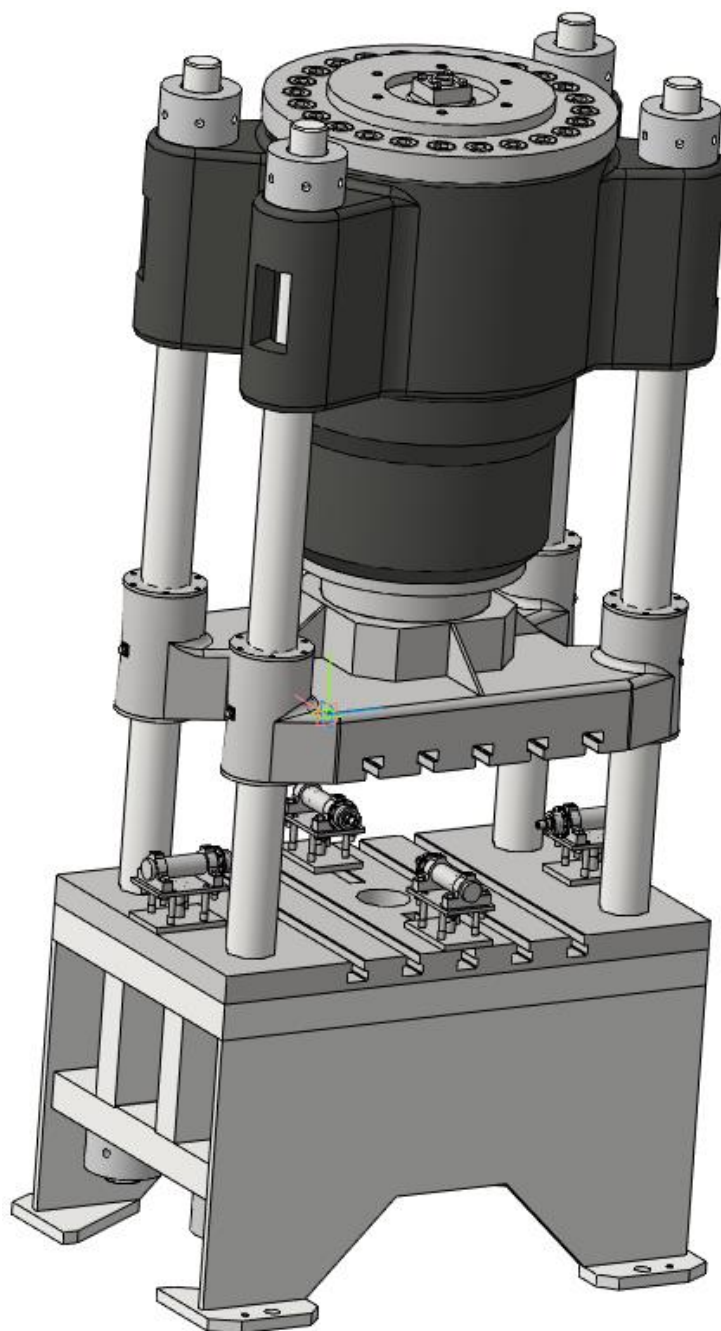


Рисунок 1. Гидравлический пресс номинальной силой 5МН (источник: разработано авторами)

Технологический процесс на рассматриваемом гидравлическом прессе для горячей и холодной штамповки деталей, как в открытых, так и закрытых штампах осуществляется путем перемещения заготовки средствами автоматизации в штамп и дальнейшим срабатыванием четырех вспомогательных гидравлических цилиндров. Два вспомогательных гидроцилиндра смыкают, а другие два заклинивают полуматрицы. Затем происходит ход вниз подвижной поперечины, после чего поперечина возвращается в исходное положение и происходит обратный цикл расклинивания с размыканием полуматриц. Отштампованный полуфабрикат извлекается средствами автоматизации и перемещается в бункер.

Технологическая часть

Характеристики требуемого привода рассматриваемого в статье гидравлического пресса определяются на основе результатов моделирования в программном пакете Deform-3D [4] процесса штамповки крестовины карданного вала ЗИЛ 130 (рис. 2) в закрытых штампах [5]. Результатом моделирования служит сила деформирования, значения которой по перемещению подвижной поперечины являются исходными данными для моделирования нагрузки пресса в программном пакете ПА-9 с целью дальнейшего исследования и подбора гидропривода пресса.

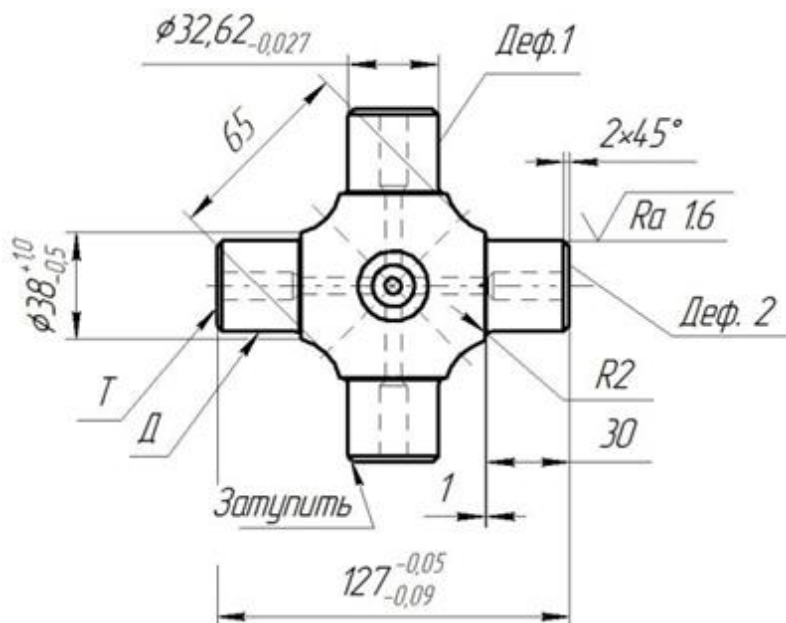


Рисунок 2. Крестовина карданного вала ЗИЛ 130 (источник: разработано авторами)

В качестве заготовки был взят пруток, который после нагрева [6] до ковочной температуры по середине располагается в области штамповки. Ниже представлен начальный этап процесса деформирования (рис. 3).

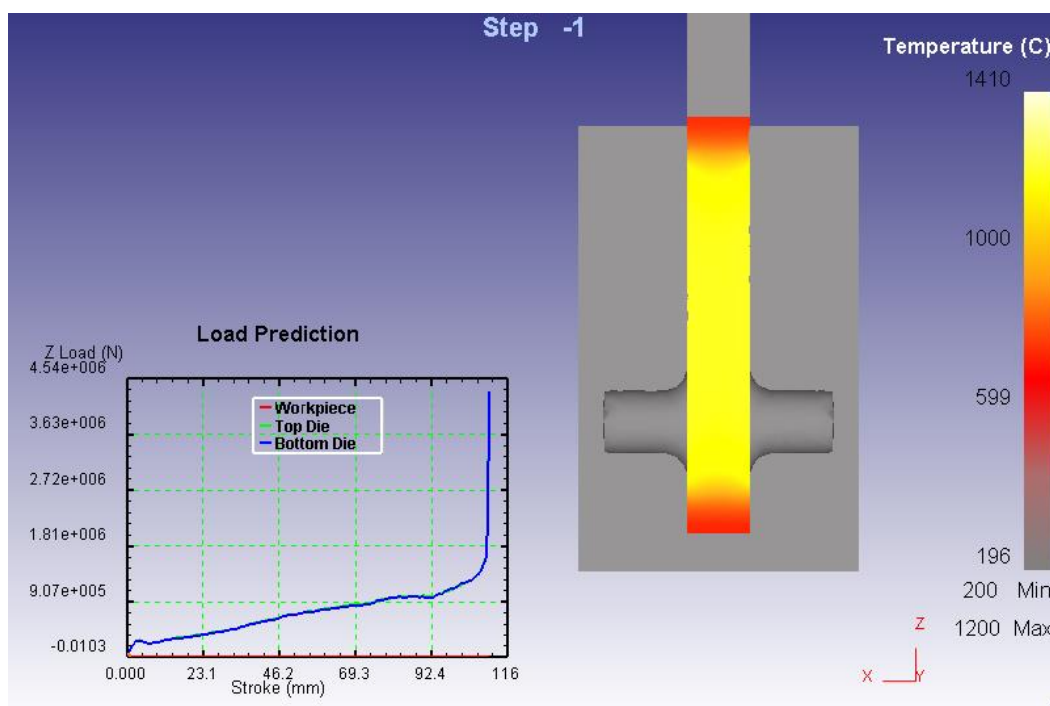


Рисунок 3. Начало процесса штамповки (источник: разработано авторами)

Сила штамповки, полученная в конце хода деформирования составила $F = 4,32$ МН, это значение полностью удовлетворяет номинальной силе прессы (рис. 4).

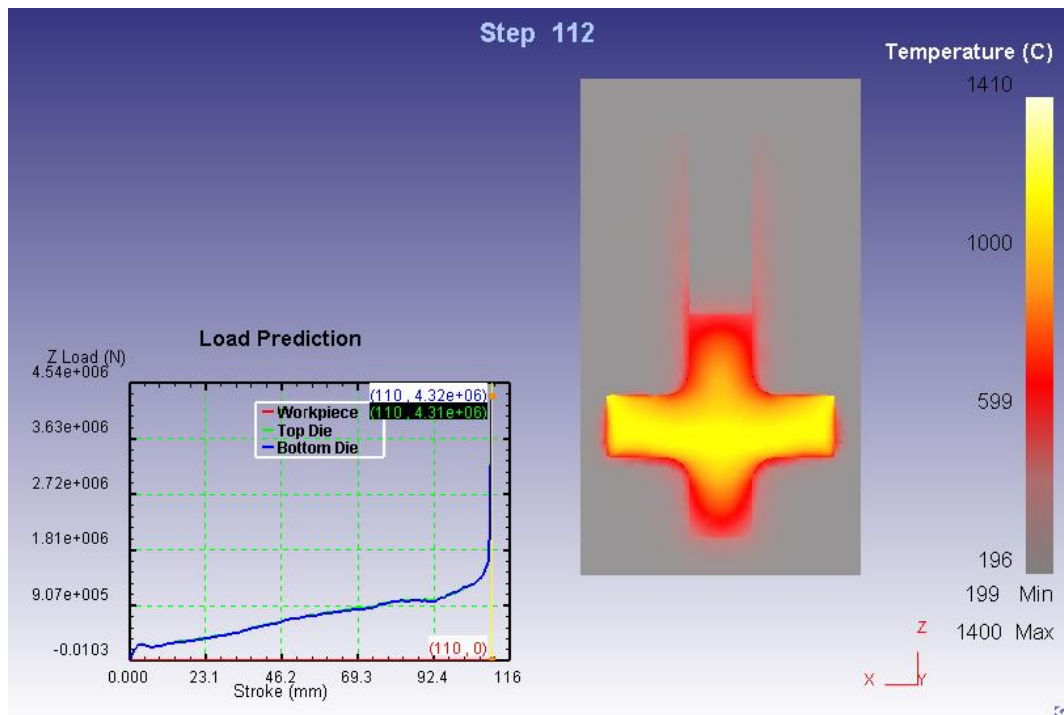


Рисунок 4. Результат моделирования (источник: разработано авторами)

Коэффициент использования мощности прессы при этом составляет:

$$k = \frac{4320000}{5000000} \cdot 100\% = 86.4 \%$$

Определение мощности гидропривода прессы

Согласно [7] установочная мощность двигателя для гидравлического прессы определяется, как

$$N = p * Q,$$

где: p – рабочее давление главного гидроцилиндра прессы; Q – номинальная подача насоса.

В качестве исходных данных для исследования значение величины подачи насоса принято равным 200 л/мин, отсюда мощность двигателя получается равной:

$$N = 75 \text{ кВт}$$

Такой мощности соответствует электродвигатель марки 4А-280S6Y3 на $N = 75$ кВт.

Рассмотренный выше подход к расчету мощности двигателя гидропривода прессы обладает недостатком, который заключается в том, что в реальных условиях нет необходимости достигать максимального расхода жидкости в конце штамповки. Доштамповка длится менее секунды, следовательно, расход рабочей жидкости на этом этапе можно уменьшить до двух раз. Для подбора двигателя оптимальной мощности гидропривода прессы воспользуемся его гидравлической схемой (рис. 5), на основе которой в последующем должна сформироваться топологическая модель этой схемы в программном пакете ПА-9. Циклограмма работы прессы согласно гидросхемме приведена в таблице 2.

Таблица 2

Циклограмма работы гидравлического пресса

№	Обозначение цикла	Электромагниты								Концевые выключатели											
		Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	ВК1	ВК2	ВК3	ВК4	ВК5	ВК6	ВК7	ВК8	ВК9	ВК10	ВК11	ВК12
1	Начало работы	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-
2	Смыкание матриц	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-
3	Заклинивание матриц	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-
4	Рабочий ход	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
5	Возвратный ход	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-
6	Расклинивание матриц	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-
7	Размыкание матриц	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
8	Ход выталкивателя	Верх	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
		Вниз	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Повтор цикла	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-

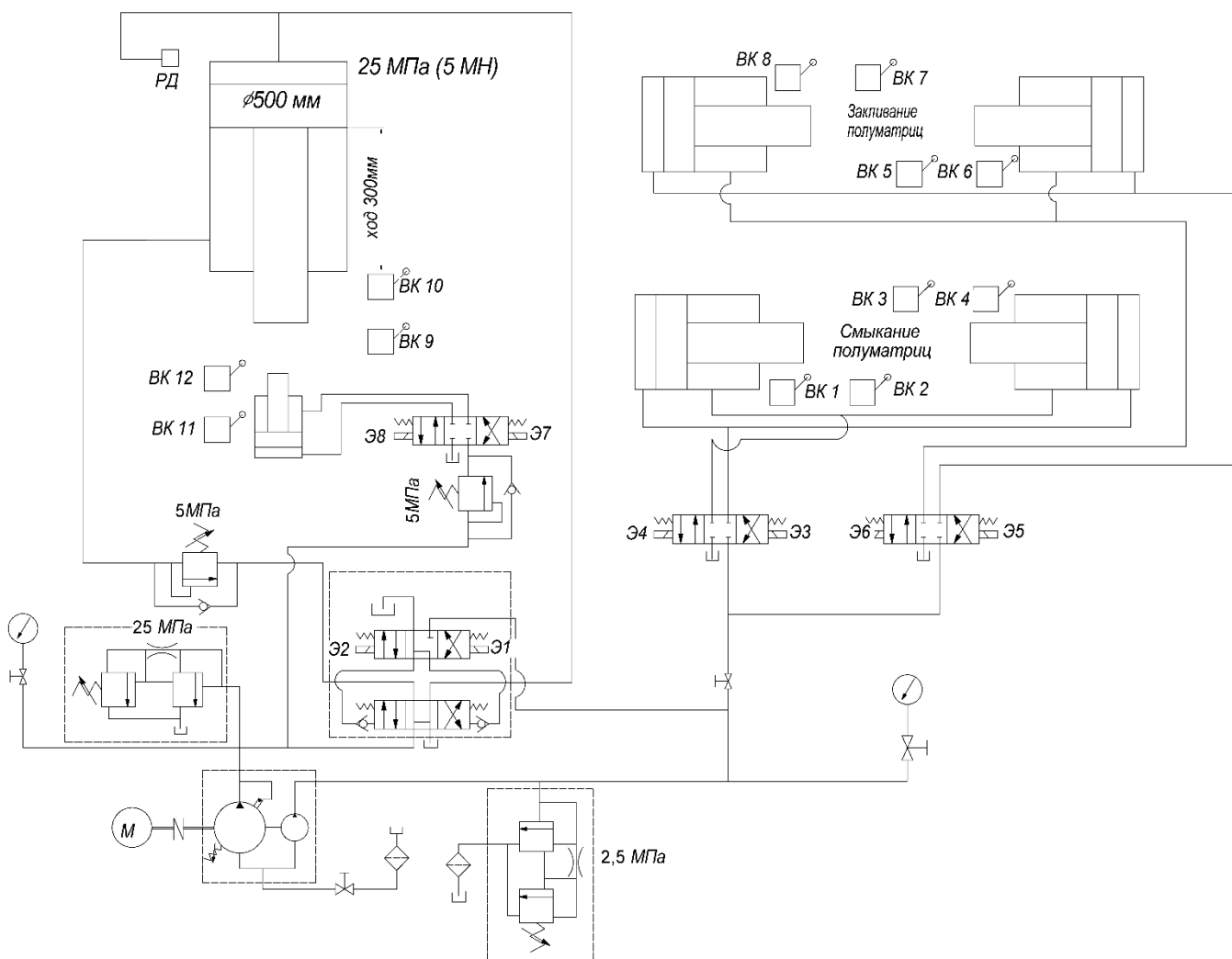


Рисунок 5. Гидравлическая схема пресса 5МН (источник: разработано авторами)

Насосом для рассматриваемого гидропресса принята модель НАД 74-224/320 [8], технические характеристики которой представлены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики насоса НАД74-224/32

Параметры	Значения параметров
Номинальный рабочий объем насоса аксиально-поршневого, см ³	224
Частота вращения, с ⁻¹ :	
номинальная	16,6
максимальная	25
минимальная	8,3
Номинальная подача аксиально-поршневого насоса, л/мин	200
Давление на выходе из насоса, МПа	
номинальное:	32
максимальное:	40

Ниже на рис. 6 приведена простейшая топологическая модель гидравлическая схема рассматриваемого в статье пресса, которая составлена из набора типовых элементов программного комплекса ПА-9. Каждый из составляющих схему элементов обладает рядом параметров, в том числе и тех, которые приводятся в статье для выбранного аксиально-поршневого насоса. Значения силы от перемещения верхней поперечины пресса для элемента «Нагрузка» соответствуют результатам моделирования согласно рис. 4.

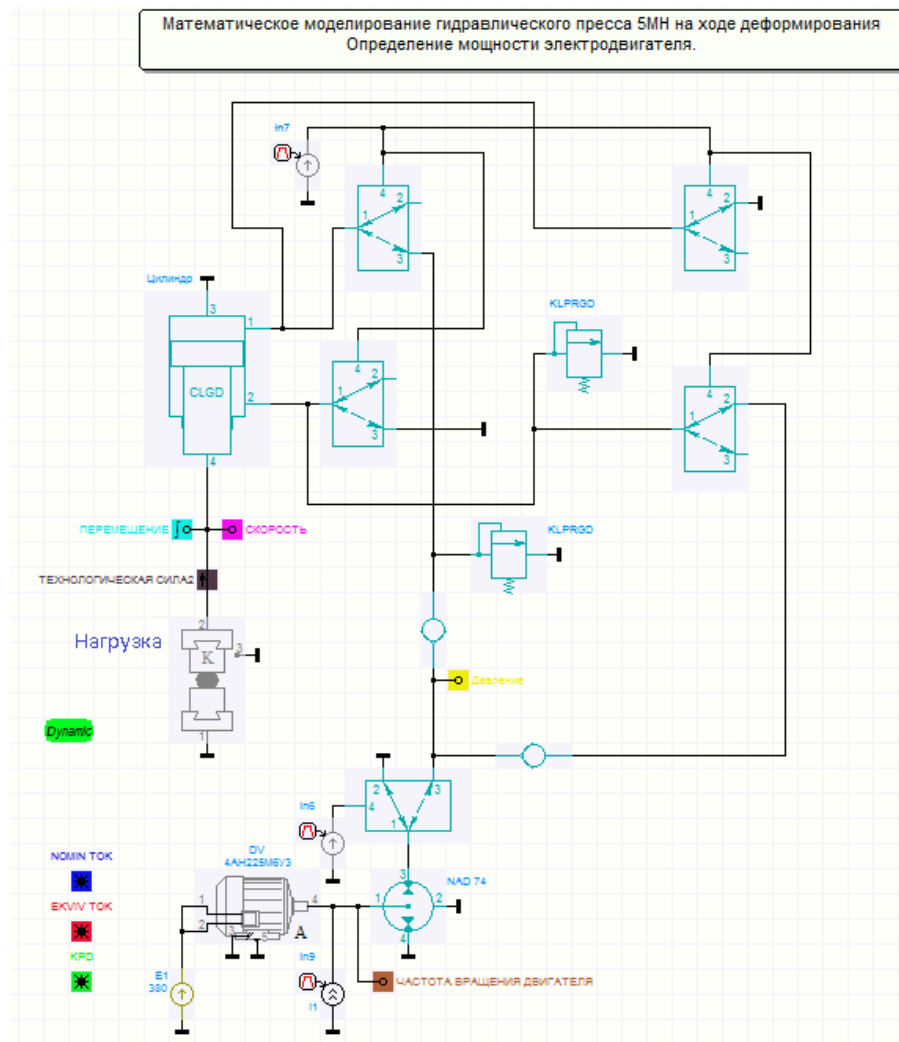


Рисунок 6. Математическая модель пресса в ПА9 (источник: разработано авторами)

Определение мощности гидропривода электродвигателя в программном комплексе ПА9

Определение мощности электродвигателя производится сравнением номинального и эквивалентного тока электродвигателя. Критерием корректного выбора двигателя является наиболее близкое соответствие эквивалентного тока номинальному в процессе исследования. Следует не допускать превышения величины эквивалентного тока в сравнении с номинальным в процессе моделирования. Для начала рассматривался выбранный ранее двигатель марки 4A280S6Y3 мощностью 75 кВт. Результаты моделирования работы пресса с таким гидроприводом показаны на рис. 7.

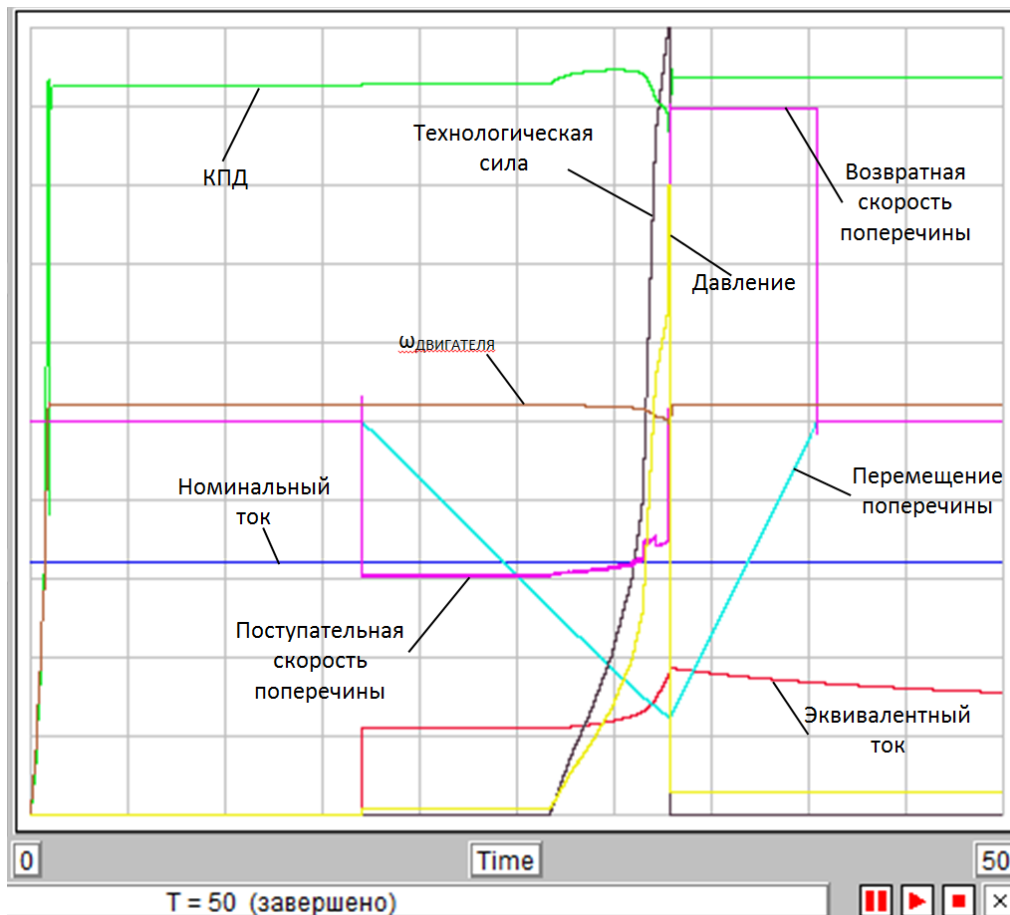


Рисунок 7. Результаты моделирования двигателя 4A280S6Y3 (источник: разработано авторами)

Эквивалентный ток много меньше номинального, поэтому выбранный двигатель будет не догружен в процессе эксплуатации и использовать его с точки зрения энергоэффективности не является рациональным решением.

Следующим используется двигатель марки 4A250M6Y3 меньшей мощности по сравнению с первым вариантом, его мощность составляет 55 кВт. Моделирование работы гидропресса с таким гидроприводом приведено на рис. 8. Из результатов, представленных на рисунке, видно, что в конце хода деформирования эквивалентный ток двигателя гидропривода пресса приближен к номинальному. Такой двигатель более целесообразно использовать в гидроприводе пресса.

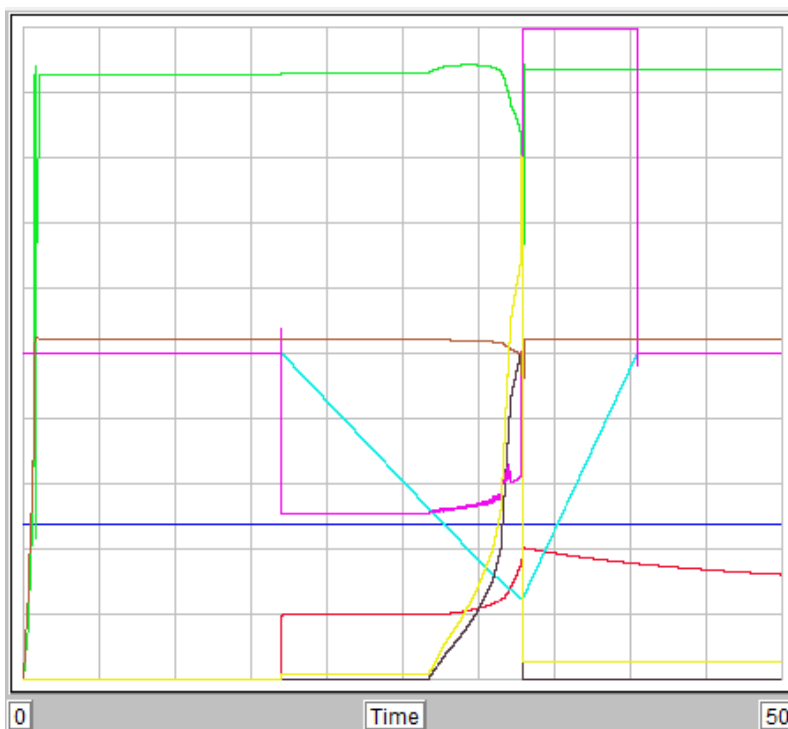


Рисунок 8. Результаты моделирования двигателя 4A250M6U3 (источник: разработано авторами)

Для сравнения с представленными выше результатами исследования, рассматривается двигатель марки 4АН225М6У3 еще меньшей мощности 45 кВт. По результатам работы модели прессы видно (рис. 9), что рассматриваемый двигатель не справляется с возложенной на него нагрузкой и величина силы деформирования прессы не достигает значения, необходимого для совершения технологической операции штамповки. Скорость деформирования заготовки падает с 17 мм/с до 11 мм/с.

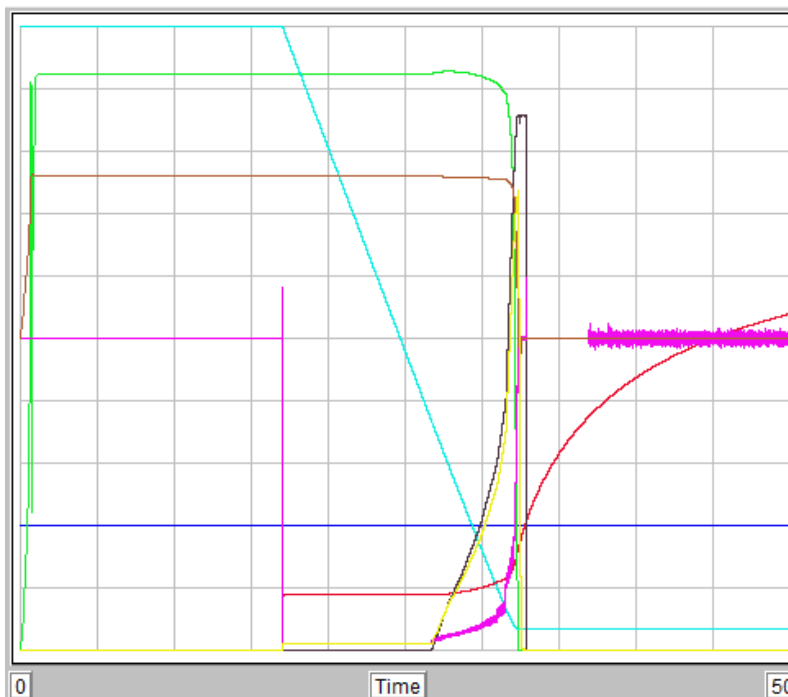


Рисунок 9. Результаты моделирования двигателя 4АН225М6У3 (источник: разработано авторами)

По итогам проведенных исследований следует остановиться на втором варианте двигателя мощностью 55 кВт, эксплуатация которого обеспечит требуемые характеристики гидропривода пресса, что в свою очередь позволит осуществлять технологические операции штамповки.

Выводы

Средства моделирования позволяют дать оценочные сведения при подборе необходимых средств, обеспечивающих оптимальные характеристики приводов гидравлических прессов. В статье рассматривался вариант варьирования электродвигателей, отличающихся друг от друга номинальными характеристиками, при постоянных характеристиках насоса. Для более точных оценочных сведений по энергосбережению в процессе эксплуатации гидропривода при моделировании необходимо варьировать характеристики насоса, при этом оптимальным вариантом будет формирование матрицы планирования эксперимента при комбинировании характеристик электродвигателя и гидравлического насоса. Такой подход в итоге позволяет сформировать функцию, по которой можно подбирать гидропривод из существующих марок электродвигателей и гидронасосов для прессов соответствующего ряда номинальной силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Складчиков Е. Н., Артюховская Т. Ю. Моделирование кузнечно-штамповочного оборудования средствами программного комплекса анализа динамических систем ПА9: Методические указания / Под ред. Езжева А. С. – М.: МГТУ, 2013. – 96 с.
2. Бочаров Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
3. Живов Л. И., Овчинников А. Г., Складчиков Е. Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Под ред. Л.И. Живова – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 560 с.
4. В. С. Паршин, А. П. Карамышев, И. И. Некрасов, А. И. Пугин, А. А. Федулов. Учебное пособие. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266 с.
5. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т., Т2. Горячая штамповка / Под ред. Е. И. Семенова. Машиностроение 1986 г.
6. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т., Т1. Материалы и нагрев / Под ред. Е. И. Семенова. Машиностроение 1985 г.
7. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие / А. С. Наземцев, Д. Е. Рыбальченко. – М.: ФОРУМ, 2007 – 304 с.
8. <http://omcnab.ru/product/2826/> (дата обращения 25.09.2017).

Antsifirov Aleksei Anatol'evich

Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: aaleksei@inbox.ru

Krivoshein Vitaliy Aleksandrovich

Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: krivosheinvitaly@gmail.com

Selection of the optimum hydraulic drive for a press with a nominal force of 5MN

Abstract. The research in this article is devoted to the selection of the electric motor for driving a hydraulic press with a nominal force of 5MN. The main characteristics and description of the press operation are described with the aid of means for mechanizing the technological process of pressure treatment. When using the software package Deform-3D, the modeling of the stamping process of the crosspiece of the propeller shaft ZIL 130 was carried out. On the basis of the presented hydraulic circuit of the press, its topological model is formed in the software package PA-9. The force of deformation obtained during the modeling of the technological process of stamping was used in the topological model of the press. With the aid of the table-diagram, the sequence of operation of the end switches and hydraulic spreader during the process of stamping is given.

The article mentions the flaw of a method for calculating the setting power of the electric motor of the hydraulic drive, which is illustrated by the results of the study by modeling the work of the press. The research are carried out by comparing the nominal and equivalent currents for the engine with the value of the setting power and the motors with a power value less than the setting value, after which the choice of the brand of the electric motor with the optimum characteristics, which provide the nominal parameters of the hydropropess. Attention is focused on the fact, that in order to carry out research by modeling, it is possible to form an experiment planning matrix for the selection of hydraulic press parameters.

Keywords: hydraulic press; energy efficiency; hydraulic drive; simulation; research