

### РАЗДЕЛ III ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.97-231.32:621.96

Роганов Л. Л.  
Карнаух С. Г.  
Чоста Н. В.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КЛИНОШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРЕССОВ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

На современном этапе развития машиностроения проблема экономичного использования энергетических и материальных ресурсов предъявляет все возрастающие требования к технологии и оборудованию для разделения исходных материалов на заготовки. Поэтому в отечественной и зарубежной промышленности не ослабевает интерес к разработке новых и совершенствованию существующих способов разделения сортового проката, а также оборудования для их реализации. Поскольку в области разделительных операций используются традиционные технологии, реализуемые на известном серийном оборудовании, поэтому качественный скачок в развитии заготовительного производства возможен только при условии применения новых приемов в технологиях с использованием нестандартных механизмов в машинах.

При всем многообразии разделительных операций общим их признаком можно считать необходимую максимальную силу в начале технологического процесса, которая по мере движения рабочего органа машины уменьшается так, что в момент отделения заготовки от проката происходит резкий сброс сил деформирования.

В нагруженной фазе технологического процесса в кузнечно-прессовом оборудовании происходит упругое деформирование металлических частей пресса. В технической литературе [1–4] имеются сведения о величине энергии упругой деформации станины и привода машины. Составляющая потеря упругой деформации кривошипных машин для разделительных операций достигает 25...35 % от общей работы. Эксперименты, проведенные для четырехколонных гидравлических прессов, показывают, что 66 % энергии расходуется на сжатие рабочей жидкости и совершение полезной работы, 15 % – на растяжение колонн, 10 % – на расширение рабочих цилиндров и 9 % – другие неучтенные потери [2, 3]. Если накопленную энергию высвободить за малый промежуток времени, то равновесное состояние масс нарушается. В результате силовая рама пресса начинает перемещаться, импульсно растягивая анкерные болты. В процессе экспериментальных исследований на прессе П452 при разделительных операциях установлено, что при силе вырубки – 560 кН сила отрыва фундаментных болтов составила 230 кН. Расчеты показывают значительную скорость соударения подвижных частей после разгрузки. При испытаниях на вертикальном гидравлическом прессе усилием 5 МН скорость подвижных частей составила – 5,76 м/с, а ход – 19,5 мм [2–4]. По данным [2–4] на гидравлическом прессе с наибольшим рабочим усилием 4 МН, время исчезновения технологической нагрузки при разделительных операциях в производственных условиях было менее  $4 \cdot 10^{-4}$  с. При этом возможно разрушение фундамента и просаживание пресса, что является причиной ненадежной работы прессового оборудования из-за того, что элементы конструкции: переключатели, распределители, электромагниты динамически разгружаются. Резкий сброс силы может привести к разрушению станины пресса. В результате этих явлений мощность прессового оборудования используется не полностью, при этом коэффициент использования прессов по усилию  $k_y$  имеет следующие значения: для прессов усилием менее 2 МН –  $k_y = 0,6...0,8$ ; для прессов менее 4 МН –  $k_y < (0,4...0,6)$ , для прессов усилием более 4 МН –  $k_y < 0,4$  [1–4].

Таким образом, при разработке оборудования и оснастки нужно использовать такие конструктивные схемы, в которых при реализации технологий разделения энергия упругой деформации минимальна. Учитывая, что известные исполнительные механизмы: кривошипно-шатунные, колено-рычажные и винтовые, которые используются в специализированном и универсальном кузнечно-прессовом оборудовании, являются многозвенными и имеют сравнительно невысокую жесткость, а остальные детали пресса являются типовыми, размеры которых определяются усилием пресса, обеспечить условие минимизации энергии упругой деформации машины можно за счет применения:

- исполнительных механизмов высокой жесткости;
- исполнительных механизмов, которые по графику изменения силы деформирования максимально приближаются к типовому графику сил, характерному для разделительных процессов.

Наиболее близкими по технической сущности и достигаемому эффекту из всех известных исполнительных механизмов, которые удовлетворяют указанным выше требованиям, являются клиновые и особенно, разрабатываемые в Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА), клиношарнирные механизмы [5, 6], имеющие: большую опорную поверхность; небольшую высоту звеньев по направлению действия рабочей силы; переменность соотношения между приводной и рабочей силами. Однако и они не обеспечивают максимальную силу разделения в начале рабочего хода.

Целью работы является разработка и исследование специализированного пресса для осуществления разделительных операций с высокими технико-экономическими показателями на основе нового нестандартного главного исполнительного механизма.

Поиск нестандартного исполнительного механизма, удовлетворяющего вышеуказанным требованиям, позволил разработать новый клиношарнирный механизм с вогнутым клином (рис. 1), который состоит из клина 1, шарнира 2 и ползуна 3. Клин 1 имеет две рабочие поверхности, одна из которых выполнена плоской и опирается на упорную деталь – верхнюю поперечину пресса, а вторая – вогнутой и сопрягается с соответствующей выпуклой цилиндрической поверхностью шарнира 2. Шарнир 2 имеет вторую рабочую поверхность, которая также выполнена по радиусу и сопрягается с цилиндрической поверхностью ползуна 3. Движение в клиношарнирном механизме начинается с положения вогнутого клина 1 при угле поворота шарнира 2 равно нулю ( $\varphi = 0^\circ$ ), когда технологическая сила на ползуне максимальная [7, 8].

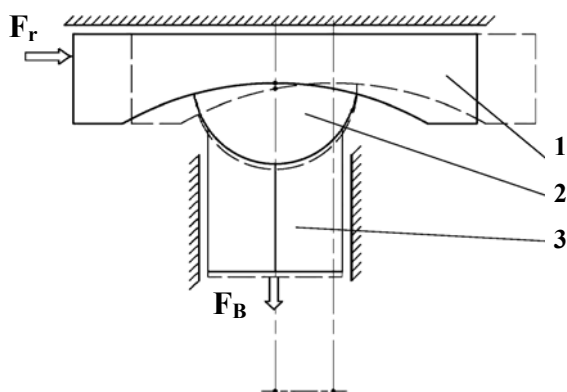


Рис. 1. Схема клиношарнирного механизма с вогнутым клином: 1 – клин переменной клиновидности; 2 – шарнир; 3 – ползун

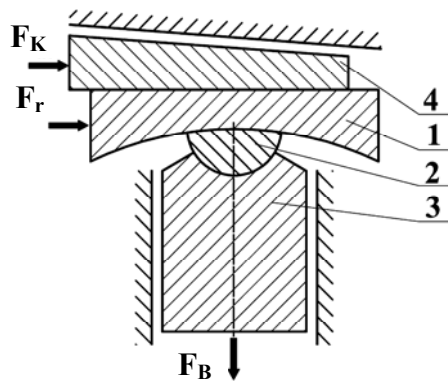


Рис. 2. Схема комбинированного клиношарнирного механизма: 1 – клин переменной клиновидности; 2 – шарнир; 3 – ползун; 4 – клин постоянной клиновидности

Учитывая, что значительная доля хода вогнутого клина идет на выборку зазоров и создание упругой деформации в системе «машина-инструмент», была предложена схема комбинированного клиношарнирного механизма, дополнительно оснащенного клином с малым углом клиновидности, который обеспечивает ход приближения, выборку зазоров и далее

надрез заготовки, а затем приводится в действие механизм с вогнутым клином из положения  $\varphi = 0^\circ$ . Кроме этого, обычный клин может обеспечить прижим заготовки. Схема механизма приведена на рис. 2 [9].

С использованием предложенного исполнительного механизма разработан и исследован пресс с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином для реализации разделительных процессов усилием 4 МН (рис. 3).

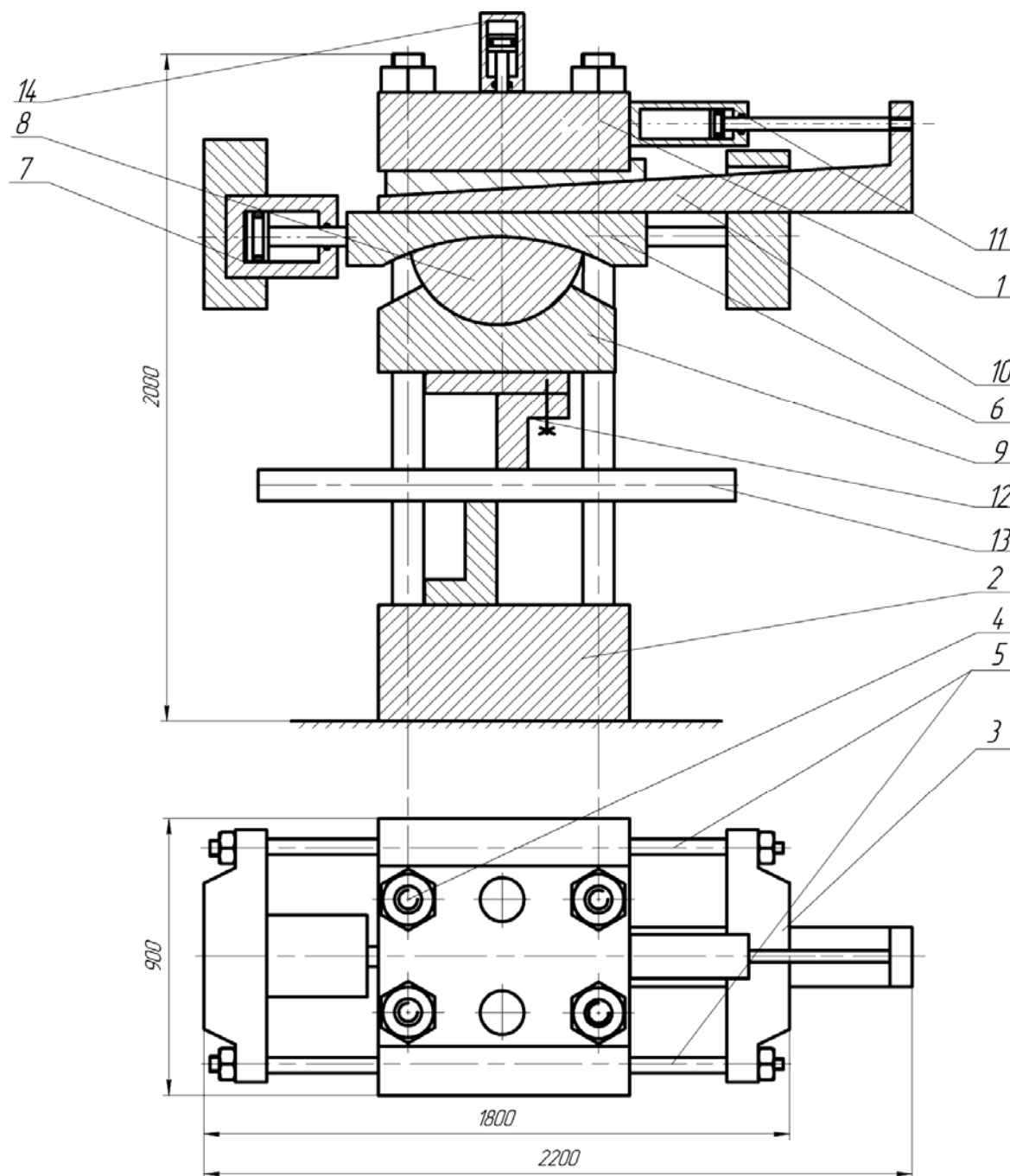


Рис. 3. Конструктивная схема прессы с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином для разделения сортового проката ( $d = 100$  мм отрезкой сдвигом усилием 4 МН)

Пресс состоит из: станины, выполненной в виде верхней 1, нижней 2 и боковых 3 поперечин, которые собираются с помощью колонн 4 и шпилек 5; клиношарнирного механизма с вогнутым клином, включающего в себя клин вогнутый 6 с приводом от гидроцилиндра 7, взаимодействующего с шарниром 8, который установлен с возможностью поворота и, в свою очередь, контактирует с соответствующей поверхностью ползуна 9, на котором закреплен

инструмент 12 для отрезки сортового проката 13. Пресс дополнительно оснащен клином 10 с постоянным углом клиновидности  $7^\circ$  с приводом от гидроцилиндра 11. Гидроцилиндр 14 осуществляет силовое замыкание системы «станина – клин – шарнир – ползун» и возврат ползуна в исходное состояние.

Разделение сортового проката отрезкой сдвигом происходит следующим образом. Под действием силы привода от гидроцилиндра 11 клин 10 перемещается горизонтально, производя ход приближения, выборку зазоров, упругую деформацию системы «пресс-инструмент-заготовка». Далее под действием силы привода от гидроцилиндра 7 клин вогнутый 6 перемещается горизонтально, воздействуя на шарнир 8, который поворачивается относительно своей оси с  $\varphi_{нач} = 0^\circ$  до  $\varphi_{кон}$  и осуществляет отрезку сдвигом заготовки 13, за счет вертикального перемещения ползуна 9 с инструментом 12.

Предлагаемый пресс с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином принципиально не имеет ограничений по диаметру разделяемых заготовок, поскольку клиношарнирный механизм обеспечивает значительный выигрыш в усилиях и переменность соотношения между приводной и технологической силами. Кроме того, пресс имеет большую закрытую высоту штампового пространства для расширения его технологических возможностей – реализации более совершенных схем отрезки с использованием штамповой оснастки.

Сравнительный анализ графиков изменения технологической силы от угла поворота кривошипа (шарнира) для различного кузнечно-прессового оборудования при отрезке сдвигом сортового проката представлен на рис. 4 [1].

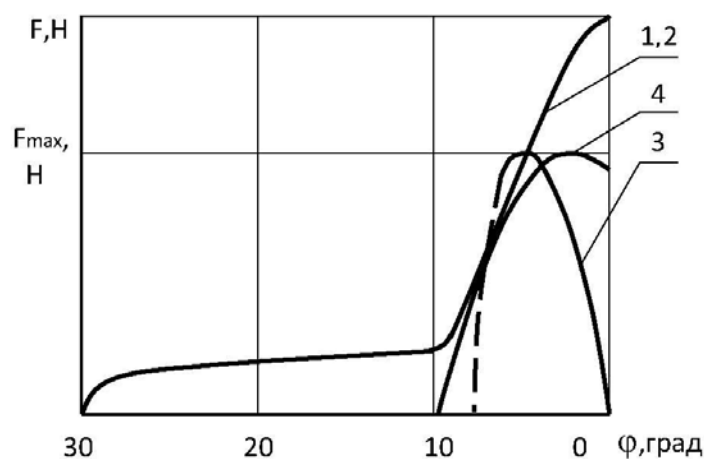


Рис. 4. Сравнительный анализ графиков изменения технологической силы от угла поворота кривошипа (шарнира):

1 – кривошипный пресс; 2 – клиношарнирный пресс с выпуклым клином; 3 – клиношарнирный пресс с вогнутым клином; 4 – типовый график изменения силы при разделении

Анализ графиков показывает, что:

– ход отрезки в кривошипных и клиношарнирных прессах с выпуклым клином (1, 2) начинается при недоходе эксцентрикового вала на  $5...15^\circ$  до крайнего нижнего положения (когда теоретическая сила на ползуне максимальная). В разработанном прессе новой конструкции (3) ход отрезки начинается с  $\varphi = 0^\circ$ , когда сила имеет максимальное значение;

– зависимость  $F = f(\varphi)$  (3) максимально приближается к типовому графику изменения силы при разделении (4).

На основании данного анализа можно сделать вывод о том, что предложенный клиношарнирный механизм с вогнутым клином максимально соответствует требованиям, предъявляемым к разделительным процессам, и обеспечивает максимальную силу в начальной стадии нагружения.

Сравнительный анализ расчетных технико-экономических показателей типового ряда специализированных прессов предложенной конструкции с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином для разделительных операций, полученных с использованием разработанной системы автоматизированного проектирования, и паспортных данных типовых сортовых ножниц представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные параметры ряда прессов и паспортные данные сортовых ножниц [11]

Модель	Номинальная сила, МН	Наибольшие размеры диаметра прутка разрезаемого проката, мм	Габаритные размеры, длина × ширина × высота, мм	Масса, т	Жесткость С, МН/м	Коэффициент удельной массы $K_M$ , кг/(МН·м <sup>4</sup> )
Сортовые кривошипные ножницы для точной резки						
Н1830Б	1,00	56	1900 × 8300 × 3100	13,60	1,7	2025,4
Н1834А	2,50	85	3650 × 6890 × 3550	29,00	2,7	2452,7
Н1836	4,00	110	4250 × 7100 × 4000	40,50	3,4	1167,8
Н1838	6,30	140	4685 × 8580 × 5250	75,00	4,3	376,1
Н1840	10,00	170	5440 × 8610 × 5860	105,86	5,4	305,2
Ножницы сортовые кривошипные закрытые						
Н1534	2,50	100	3050 × 7000 × 3000	12,38	2,7	1774,4
Н1538	6,30	140	4020 × 7100 × 4950	39,40	4,3	526,4
Н1540	10,00	200	6040 × 8355 × 6720	68,00	5,4	141,0
Пресс с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином (конструкции ДГМА)						
КШМ63	0,63	45	1500 × 800 × 1600	1,35	1,7	22321,4
КШМ100	1,00	56	1550 × 800 × 1700	2,25	2,2	17789,4
КШМ125	1,25	65	1600 × 800 × 1800	2,95	2,5	14632,9
КШМ250	2,50	85	1700 × 900 × 1900	5,50	3,5	8408,8
КШМ400	4,00	100	2200 × 900 × 2000	6,70	4,4	5169,8
КШМ630	6,30	140	2000 × 1200 × 2200	12,00	5,5	2405,0
КШМ1000	10,00	200	3500 × 1800 × 3000	24,00	7,0	634,9

Анализ данных табл. 1 показывает преимущества предложенной конструкции прессов с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином по сравнению с сортовыми ножницами аналогичного номинального усилия:

- высота пресса уменьшается не менее чем на 40...50 %;
- жесткость пресса увеличивается в 1,2...1,3 раза;
- масса пресса уменьшается не менее чем на 40 % с учетом вспомогательных средств автоматизации процесса отрезки.

Для оценки технических характеристик оборудования использовали комплексный показатель – коэффициент удельной массы  $K_M$ , который рассчитывали по формуле (1):

$$K_M = \frac{M}{F \cdot S \cdot B \cdot L \cdot H}, \quad (1)$$

где  $M$  – масса пресса, кг;

$F$  – номинальная сила пресса, МН;

$S$  – ход ползуна, м;

$B, L, H$  – размеры стола и высота пресса, м.

Коэффициент удельной массы для прессов конструкции ДГМА намного превышает аналогичные показатели сортовых ножниц (см. табл. 1).

## ВЫВОДЫ

1. В результате повышения жесткости предложенного клиношарнирного пресса с вогнутым клином в 1,2...1,3 раза уменьшается упругая деформация его деталей и привода при реализации разделительных процессов, а значит – повышается его динамическая устойчивость. В меньшей степени проявляются такие проблемы как: разрушение фундаментов, ослабление соединений деталей, а потому повышается надежность работы оборудования.

2. При этом повышается коэффициент использования оборудования по усилию от 0,3... 0,4 (из-за упругой мгновенной разгрузки пресса) до 0,7...0,8.

3. Повышается КПД нового пресса вследствие того, что уменьшается величина работы, расходуемой на разделение, а именно – величина работы упругой деформации машины – примерно на 60 %.

4. Совместное использование клиношарнирного механизма с вогнутым клином и клинового механизма, предназначенного для обеспечения хода приближения, выборки зазоров и упругой деформации машины и инструмента, дополнительно позволил снизить затраты энергии и погасить динамические нагрузки. При этом предложенный пресс проще выводится из заклинивания за счет перемещения дополнительного клина малого угла клиновидности.

5. В целом снижается себестоимость нового пресса по сравнению с традиционными прессами для разделительных операций, в том числе и потому, что детали клиношарнирного механизма более технологичные, по сравнению с кривошипно-шатунным механизмом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков; под ред. Л. И. Живова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 560 с.
2. Процессы, происходящие в гидравлических прессах при мгновенном исчезновении технологической нагрузки / Ю. В. Беляев, Н. Н. Киселев, Ф. И. Когановский и др. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1969. – № 10. – С. 12–14.
3. Живов Л. И. К вопросу о динамике вырубного гидравлического пресса / Л. И. Живов // Известия вузов. – 1973. – № 6. – С. 21–25.
4. Сеницкий В. М. Исследование динамики быстроходных гидравлических прессов / В. М. Сеницкий // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. – № 8. – С. 22–25.
5. Харлашкин В. В. Разработка и внедрение механических прессов с клиношарнирным приводом ползуна для точной штамповки : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Харлашкин В. В. – Краматорск, 1986. – 188 с.
6. Трофимов В. И. Разработка винтоклинового пресса на основе клиношарнирного механизма для точной штамповки низких заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Трофимов В. И. – Краматорск, 1990. – 231 с.
7. Роганов Л. Л. Перспективные конструктивные схемы машин для разделения проката с клиношарнирным механизмом / Л. Л. Роганов, Н. В. Чоста // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорсь-Слов'янськ : ДДМА, 2000. – С. 437–439.
8. Чоста Н. В. Клиношарнирный механизм с вогнутым клином / Н. В. Чоста, С. Г. Карнаух // Проблемы техники, технологии и экономики машиностроительного производства : тез. докл. межвуз. научн.-техн. конф. молодых ученых и специалистов. – Краматорск : ДГМА, 1996. – С. 35–36.
9. Пат. 54739 А Україна, МКІ В 30 В 1/40. Клиновий прес / Роганов Л. Л., Чоста Н. В. – № 2002031979 ; заявл. 12.03.02 ; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3.
10. Рей Р. І. Ковальсько-штампувальне обладнання. Преси кривошипні : навчальне видання / Р. І. Рей, С. С. Монатовський. – Луганськ : СНУ, 2000. – 216 с.
11. Мансуров И. З. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно-штамповочного производства : справочник / И. З. Мансуров, И. М. Подрабинник. – М. : Машиностроение, 1990. – 344 с.

Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой МТО ДГМА;

Карнаух С. Г. – канд. техн. наук, доц. ДГМА;

Чоста Н. В. – ст. преп. ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: sergey.karnauh@dgma.donetsk.ua