

УДК 611. 777. 01

Алиева Л. И.
Гончарук К. В.**СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ
СТЕРЖНЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ**

Развитие машиностроения в современных условиях тесным образом связано с развитием научных исследований и практическим использованием их результатов в промышленности. Важнейшим фактором в решении подобных задач является разработка новых технологических процессов, позволяющих получать изделия высокого качества с заданными эксплуатационными свойствами и с наименьшими затратами на их производство. В связи с этим необходимо развитие новых технологий и способов, требуемых более сложного подхода к выдавливанию – комбинированного деформирования [1].

Одним из перспективных, но мало исследованных, процессов холодной объёмной штамповки является комбинированное выдавливание, в том числе комбинированное радиально-прямое. Более широкое распространение получил процесс радиально-обратного выдавливания [2–4]. В силу определенных ограничений радиально-обратного выдавливания, таких как большие энергетические затраты, применение в основном для получения полых деталей и возможное дефектообразование, встал вопрос о применении радиально-прямого выдавливания для изготовления изделий с фланцем.

Оценка энергосиловых зависимостей выдавливания на основе метода конечных элементов с применением элементов планирования эксперимента позволит дать различные закономерности силовых параметров [5–8].

Целью работы является определение энергосиловых параметров радиально-прямого выдавливания стержневых деталей с фланцем (рис. 1).

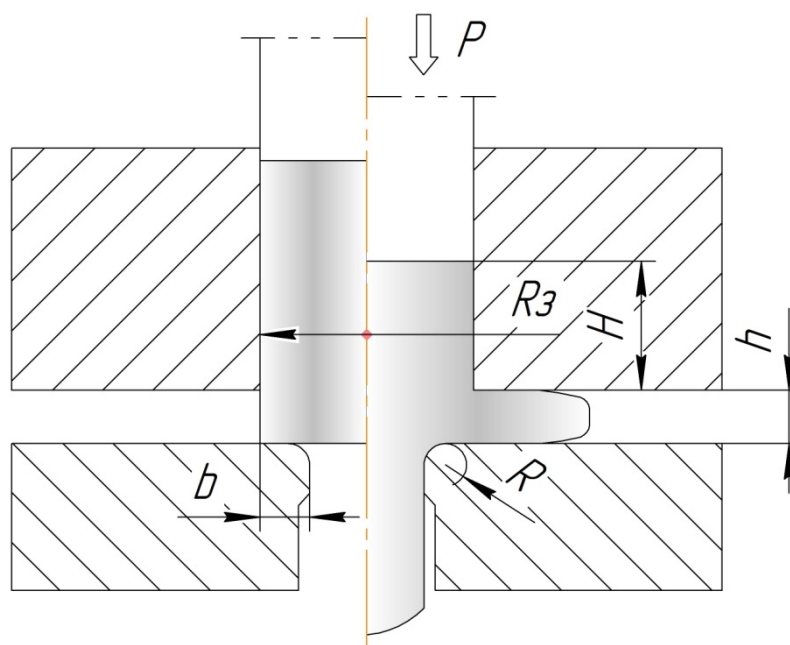


Рис. 1. Схема комбинированного радиально-прямого выдавливания

Использование программного продукта QForm 2D позволило промоделировать ряд теоретических моделей согласно указанной схеме радиально-прямого выдавливания. При анализе менялись параметры исследуемой схемы в некоторых диапазонах: относительная

высота фланца $\bar{h} = 0.20 \div 0.46$ ($h = 3, 5, 7$ мм), относительная длина плеча $\bar{b} = 0.34 \div 0.66$ ($b = 5, 7.5, 10$ мм), относительный радиус закругления матрицы $\bar{R} = 0.07 \div 0.21$ ($R = 1, 2, 3$ мм). Относительный размер варьирован был выбран относительно величины радиуса заготовки $R_3 = 15$ мм.

Граничные условия для осесимметричной задачи, при моделировании, были заданы в следующем виде: упрочнение алюминиевого сплава АД31 описано кривой упрочнения $\sigma_s = 191.55 \cdot e^{0,202}$ МПа при скорости деформирования $0,25 \text{ с}^{-1}$, плотность материала 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 71000 МПа; коэффициент Пуассона $0,3$; коэффициент трения по Леванову $\mu_s = 0,16$; скорость перемещения инструмента 1 мм/с ; инструмент абсолютно жесткий.

В соответствии с проведенным моделированием, было установлено (рис. 2), что очаг интенсивной деформации сосредоточен на переходных кромках деформирующего инструмента (полуматриц). Исследование показало, что изменение высоты фланца, в указанном диапазоне, дает разное формообразование. С увеличением высоты фланца наблюдается дефект отклонения формы фланца. Изменение величины плеча, показывает увеличение степени деформации на нижней поверхности фланца, за счет роста поверхности контактного трения. Увеличение плеча приводит к увеличению степени деформации на переходной кромке нижней полуматрицы. Возрастание угла закругления нижней матрицы приводит к снижению степени деформации возле кромки полуматрицы.

Обработка данных, полученных методом конечных элементов, с применением математического аппарата планирования эксперимента, позволяет не только получить коэффициенты уравнения регрессии (ф-ла (2)), но и произвести статистическую обработку полученных расчетных данных [7, 8].

$$Y(\bar{h}, \bar{b}, \bar{R}) = a_0 + a_1 \cdot \frac{\bar{h} - 0.33}{0.13} + a_2 \cdot \frac{\bar{b} - 0.5}{0.16} + a_3 \cdot \frac{\bar{R} - 0.14}{0.07} + \left(a_{12} \cdot \frac{\bar{h} - 0.33}{0.13} \cdot \frac{\bar{b} - 0.5}{0.16} \right) + \left(a_{13} \cdot \frac{\bar{h} - 0.33}{0.13} \cdot \frac{\bar{R} - 0.14}{0.07} \right) + \left(a_{23} \cdot \frac{\bar{b} - 0.5}{0.16} \cdot \frac{\bar{R} - 0.14}{0.07} \right) + a_{11} \cdot \left(\frac{\bar{h} - 0.33}{0.13} \right)^2 + a_{22} \cdot \left(\frac{\bar{b} - 0.5}{0.16} \right)^2 + a_{33} \cdot \left(\frac{\bar{R} - 0.14}{0.07} \right)^2, \quad (2)$$

где a_1, a_2, \dots, a_{33} – коэффициенты регрессионного уравнения (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты регрессионного уравнения

	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
\bar{p}	1.64	-0.1	0.3	-0.1	0.1	0.05	-0.1	0.1	0.4	0.06

С использованием методики, описанной ранее [7], при помощи программы MathCAD были получены зависимости приведенного давления выдавливания детали от варьируемых величин (рис. 3).

Из графика, приведенном на рис. 3, а, видно, что приведенное давление падает с увеличением относительного радиуса закругления матрицы \bar{R} . Это связано с появлением эффекта плавного течения материала. Так же при наличии большего радиуса закругление снижается концентрация напряжений в месте изменения поперечного сечения.

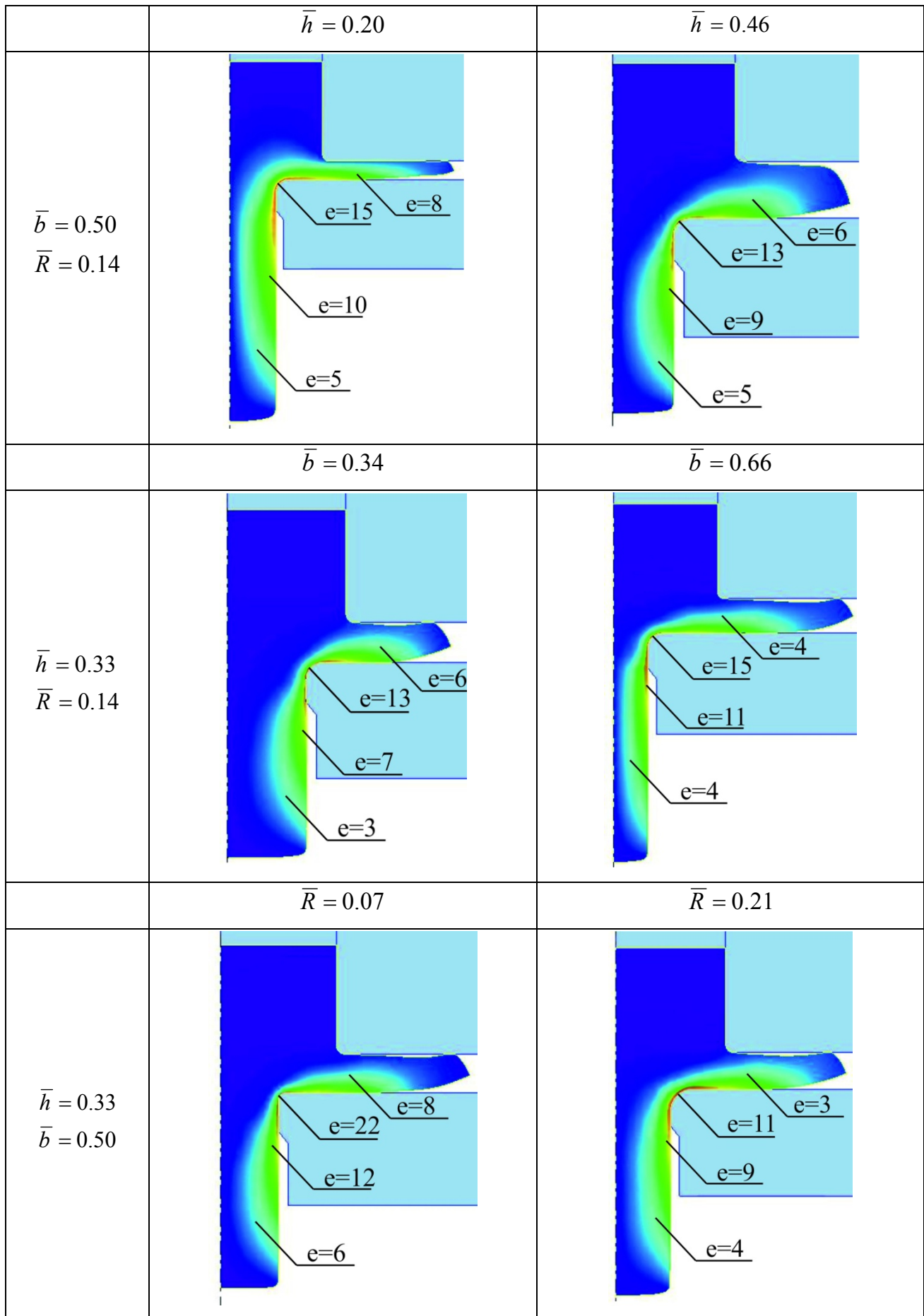


Рис. 2. Результаты моделирования процесса радиально-прямого выдавливания

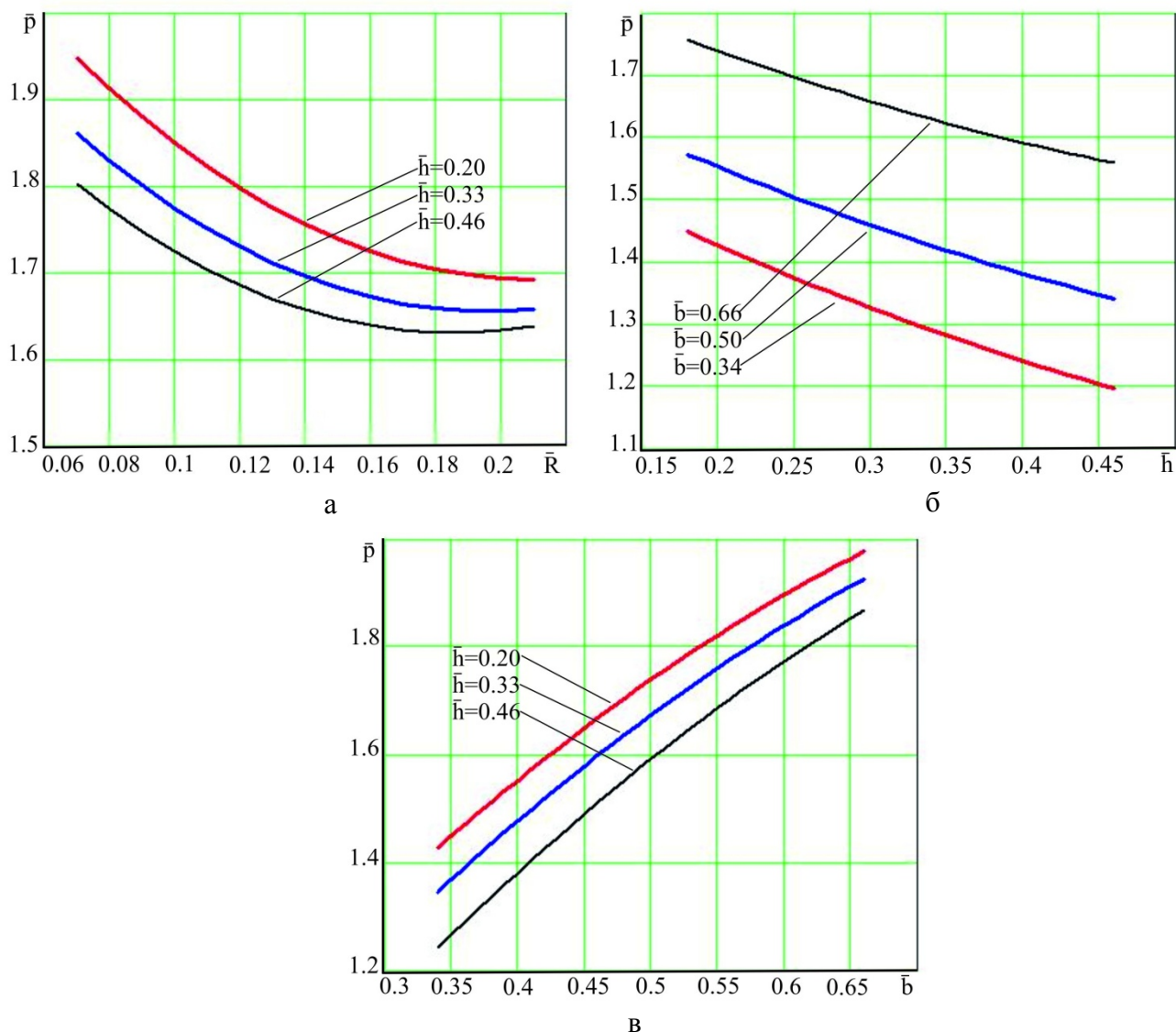


Рис. 3. Графики зависимости приведенного давления выдавливания от относительного радиуса закругления матрицы при $\bar{b} = 0.50$ (а), от относительной высоты фланца при $\bar{R} = 0.14$ (б), от относительной величины плеча при $\bar{R} = 0.14$ (в)

Аналогичный характер изменения энергосиловых параметров наблюдается при изменении относительной высоты фланца \bar{h} за счет изменение жесткости схемы. При увеличении относительной длины плеча \bar{b} приведенное давление возрастает (уменьшается диаметр отростка). Это просматривается за счет изменения напряженного состояния при прямом выдавливании. Так же увеличивается контактная поверхность трения с нижней полуматрицей.

ВЫВОДЫ

Моделирование процесса комбинированное выдавливания детали с фланцем методом конечных элементов позволило определить место образования очага деформации и величины степеней логарифмической деформации. Методом планирования эксперимента были получены зависимости приведенного давления выдавливания заготовки от геометрических параметров процесса. Установлено, что с увеличением относительного радиуса закругления матрицы \bar{R} и относительной высоты фланца \bar{h} значение приведенного давления снижается, а при увеличении относительной величины плеча \bar{b} – увеличивается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания / И. С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1990. – № 2. – С. 7–9.
2. Алиева Л. И. Моделирование процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания деталей / Л. И. Алиева, Н. С. Грудкина // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 47. – С. 3–9.
3. Моделирование выдавливания осесимметричной детали с помощью системы QFORM 2D/3D / В. И. Перфилов, Ю. К. Филиппов, Д. А. Гневашев, П. А. Петров // Научно-технический и производственный журнал «Заготовительные производства в машиностроении». – Москва, 2003. – № 12. – С. 25–29.
4. Алиева Л. И. Теоретический анализ процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания / Л. И. Алиева, Н. С. Грудкина // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2008. – № 1 (19). – С. 55–60.
5. Бильчук М. В. Математическое моделирование при разработке ресурсосберегающей технологии штамповки деталей типа фланец / М. В. Бильчук // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2010. – № 1 (22). – С. 55–59.
6. Анализ процессов комбинированного выдавливания стержневых деталей / И. С. Алиев, Е. М. Солодун, К. Крюгер, Ф. Йеше // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-цтво СУДУ, 2000. – С. 8–13.
7. Алиева Л. И. Планирование эксперимента для определения силового режима при комбинированном двухстороннем выдавливании / Л. И. Алиева, С. В. Мартынов, К. В. Гончарук // V научно-техническая конференция молодых специалистов «Энергомашспецсталь 2013», Краматорск, 2013. – С. 25–26.
8. Новик Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методом планирования экспериментов / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов // Машиностроение. – 1980. – 304 с.

REFERENCES

1. Aliev I. S. Tehnologicheskie vozmozhnosti novyh sposobov kombinirovannogo vydavlivaniya / I. S. Aliev // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1990. – № 2. – S. 7–9.
2. Alieva L. I. Modelirovanie processa kombinirovannogo radial'no-obratnogo vydavlivaniya detalej / L. I. Alieva, N. S. Grudkina // Visnik nacional'nogo tehnicnogo universitetu «HPI»: zb. nauk. pr. – Harkiv: NTU «HPI», 2012. – № 47. – S. 3–9.
3. Modelirovanie vydavlivaniya osesimmetrichnoj detali s pomoshh'ju sistemy QFORM 2D/3D / V. I. Perfilov, Ju. K. Filippov, D. A. Gnevashev, P. A. Petrov // Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal «Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii». – Moskva, 2003. – № 12. – S. 25–29.
4. Alieva L. I. Teoreticheskij analiz processa kombinirovannogo radial'no-obratnogo vydavlivaniya / L. I. Alieva, N. S. Grudkina // Obrabotka metallov davleniem: sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk: DGMA, 2008. – № 1(19). – S. 55–60.
5. Bil'chuk M. V. Matematicheskoe modelirovanie pri razrabotke resursozberegajushhej tehnologii shtampovki detalej tipa flانع / M. V. Bil'chuk // Obrabotka metallov davleniem: sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk: DGMA, 2010. – № 1 (22). – S. 55–59.
6. Analiz processov kombinirovannogo vydavlivaniya sterzhnevyyh detalej / I. S. Aliev, E. M. Solodun, K. Krjucer, F. Jeshe // Resursozberigajuchi tehnologii virobniictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni: zb. nauk. pr. – Lugans'k: Vid-civo SUDU, 2000. – S. 8–13.
7. Alieva L. I. Planirovanie jeksperimenta dlja opredelenija silovogo rezhima pri kombinirovannom dvuhstoronnom vydavlivanii / L. I. Alieva, S. V. Martynov, K. V. Goncharuk // V nauchno-tehnicheskaja konferencija molodyh specialistov «Jenergomashtal' 2013», Kramatorsk, 2013. – S. 25–26.
8. Novik F. S. Optimizacija processov tehnologii metallov metodom planirovanija jeksperimentov / F. S. Novik, Ja. B. Arsov // Mashinostroenie. – 1980. – 304 s.

Алиева Л. И. – канд. техн. наук, доц. каф. ОМД ДГМА

Гончарук К. В. – аспирант каф. ОМД ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: leyla-ukr@mail.ru; goncharuk_omd@mail.ua; omd@dgma.donetsk.ua