

УДК 621.98.044.7

Разработка и исследование устройства для газовой штамповки с односторонним нагревом заготовки

А.Ю. Боташев, Н.У. Бисилов, Р.С. Малсугенов

Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 369000, Черкесск, Российская Федерация, ул. Ставропольская, 36.

The development and study of a device for gas forming of a sheet metal with one-side heating

A.Yu. Botashev, N.U. Bisilov, R.S. Malsugenov

North Caucasian State Academy of Humanities and Technology, Stavropol'skaya str., 36, 369000, Cherkessk, Russian Federation.



e-mail: botashev11@mail.ru, w9187124909@mail.ru, malsugenov_roma@mail.ru



При температуре окружающей среды пластичность многих металлов и их сплавов невелика, поэтому штамповка деталей сложной формы производится за несколько технологических переходов, что существенно увеличивает себестоимость производимых деталей. Нагрев штампуемой заготовки, многократно повышая ее пластичность, позволяет штамповать такие детали за один технологический переход. В этой связи обеспечение нагрева штампуемой заготовки является актуальной задачей. Разработано устройство для листовой газовой штамповки, содержащее матрицу, камеру сгорания и цилиндр с поршнем, одна полость которого соединена с матрицей, а другая — с камерой сгорания. Устройство осуществляет односторонний нагрев штампуемой заготовки до заданного интервала температур и последующее ее деформирование в полости матрицы путем воздействия высокотемпературного газа, образующегося при сгорании газообразной топливной смеси в камере сгорания. Для предотвращения контакта заготовки с поверхностью матрицы до достижения ею заданной температуры в полость матрицы подается сжатый воздух, давление которого изменяется соответственно изменению давления в камере сгорания. Проведено исследование рабочего процесса разработанного устройства. Установлены закономерности изменения давления в камере сгорания и полости матрицы. Определены оптимальные соотношения геометрических параметров устройства, обеспечивающие высокую эффективность его работы. Устройство предназначено для штамповки плоских деталей сложной формы преимущественно в условиях малосерийного и опытного производств.

Ключевые слова: газовая штамповка, нагрев листовой заготовки, топливная смесь, камера сгорания.



A device for gas forming of a sheet metal that comprises a die, a combustion chamber, and a cylinder with a piston is developed. Two cavities of the cylinder separated by the piston are connected with the die and the combustion chamber, respectively. The device provides one-side heating of a sheet metal piece to a prescribed temperature range and its subsequent deformation in the die cavity by applying the pressure of a high-temperature gas generated in the combustion chamber. To prevent the contact of the workpiece with the die before it is heated to the required temperature, the die cavity is fed with compressed air. The air pressure varies according to the pressure change in the combustion chamber. The operation process in the developed device is studied. The pressure variation laws in the combustion chamber and the

die cavity are established. The optimum geometric parameters of the device ensuring its high efficiency are determined. The device is designed for sheet forming of complex parts primarily in the small-scale and pilot production.

Keywords: gas forming, sheet metal heating, fuel mixture, combustion chamber.

В газовой формовке нагрев заготовки осуществляется длительным воздействием потока высокотемпературного газа [1–4], повышается пластичность заготовки и существенно упрощается штамповка деталей сложной формы. Однако при этом из-за большого расхода энергоносителя значительно повышается себестоимость производимых деталей.

Существует метод листовой газовой штамповки с двухсторонним нагревом заготовки, при котором штампуемая заготовка нагревается в полости матрицы до заданного интервала температур, а затем деформируется [5–7]. Нагрев и деформирование заготовки осуществляется под воздействием высокотемпературного газа, образующегося при сгорании газообразной топливной смеси в полости матрицы и камере сгорания. Этот метод обеспечивает благоприятные условия для протекания процесса штамповки, существенно упрощает штамповку деталей сложной формы, снижает себестоимость их производства. Однако для производства плоских листовых деталей, имеющих полости небольшой высоты, данный метод неприемлем, так как при небольшой высоте матрицы давление в процессе горения топливной смеси распределяется неравномерно, что ухудшает качество получаемых деталей. Поэтому для штамповки таких деталей необходим односторонний нагрев заготовки.

Цель работы — разработка устройства для листовой газовой штамповки с односторонним нагревом заготовки и оптимизация его конструктивных параметров.

Для обеспечения существенного повышения температуры заготовки путем одностороннего ее нагрева воздействием горячего газа необходимо предотвратить контакт заготовки с матрицей в процессе ее нагрева. Это можно достичь путем подачи сжатого воздуха в полость матрицы. Принципиальная схема устройства для осуществления газовой листовой штамповки с односторонним нагревом заготовки представлена на рис. 1. Устройство содержит матрицу 1 и корпус 4 с камерой сгорания 5, соединенные между собой при помощи болтов 2 и гаек 3. Камера сгорания 5 снабжена впускным клапаном 6, свечей зажигания 7 и выпускным клапаном 8, а матрица — впускным клапаном 16 и выпускным клапаном 17. К корпусу 1 при помощи винтов 9

прикреплен цилиндр 12 с поршнем 11. Полость 10 цилиндра сообщена с камерой сгорания 5, а полость 13 трубопроводом 14 соединена с полостью 15 матрицы 1. Штампуемая заготовка 18 зажимается между матрицей 1 и корпусом 4.

Работа устройства осуществляется следующим образом. В полость 15 матрицы 1 через клапан 16 подается сжатый воздух, который через трубопровод 14 поступает и в полость 13 цилиндра 12. Одновременно через клапан 6 в камеру сгорания 5 подаются компоненты топливной смеси: горючий газ и сжатый воздух. Давление топливной смеси в камере сгорания 5 устанавливается равным давлению воздуха в полости 15 матрицы 1. Топливная смесь при помощи свечи 7 поджигается. В процессе горения топливной смеси давление в камере сгорания 5 повышается и передается в полость 10 цилиндра 12. При этом под действием давления газа поршень 11 перемещается, вытесняя воздух из полости 13 в полость 15 матрицы 1, благодаря чему в процессе горения топливной смеси в камере сгорания 5 обеспечивается увеличение давления в полости 15 матрицы 1, что ограничивает деформацию заготовки 18 и предотвращает контакт ее с поверхностью матрицы. После окончания процесса сгорания топливной смеси заготовка 18 еще некоторое время остается под воздействием продуктов сгорания и интенсивно нагревается. При достижении ею заданной температуры открывается клапан 17 и воздух из полости 15 матрицы 1 выпускается. Давление в полости 15 матри-

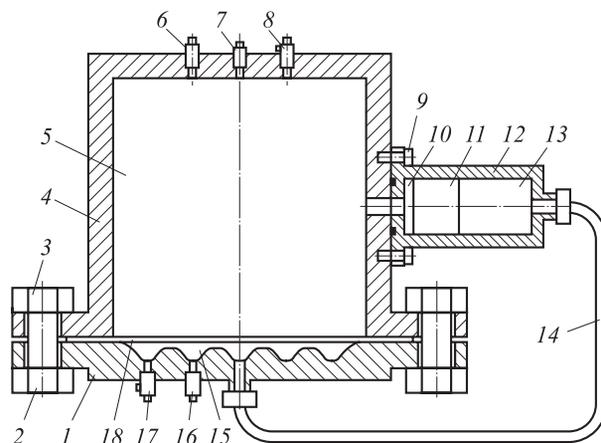


Рис. 1. Схема устройства для листовой газовой штамповки с односторонним нагревом заготовки

цы падает. При этом под действием давления продуктов сгорания заготовка 18 деформируется и заполняет полость 15 матрицы 1. Таким образом проводится процесс штамповки.

Для осуществления данного способа штамповки давление в полости 15 матрицы 1 должно изменяться соответственно изменению давления в камере сгорания, особенно в конечной стадии процесса сгорания топливной смеси. Для обеспечения этого условия рассмотрим законы изменения давления газа в камере сгорания и в полости матрицы.

Закон изменения давления в камере сгорания определим, используя закон выгорания топливной смеси в форме уравнения Вибе [8, 9]:

$$x = 1 - e^{6,906(tt_z^{-1})^{m+1}}, \quad (1)$$

где x — доля сгоревшего топлива; t_z — время полного сгорания топлива; t — текущее значение времени; m — показатель характера сгорания.

С другой стороны, доля выгоревшей топливной смеси может быть также определена по формуле

$$x = \frac{P - P_c}{P_z - P_c}. \quad (2)$$

Здесь P — давление в данный момент времени; P_c — давление топливной смеси; P_z — давление в конце процесса сгорания.

В процессе горения топливной смеси деформация заготовки невелика. Поэтому можно считать, что процесс сгорания топливной смеси совершается при постоянном объеме. Тогда конечное давление продуктов сгорания определяется следующей зависимостью:

$$P_z = \lambda_v P_c, \quad (3)$$

где λ_v — степень повышения давления при сгорании топливной смеси при постоянном объеме.

Решая совместно уравнения (1)–(3), получим закон изменения давления в процессе горения топливной смеси:

$$P = P_c + P_c (\lambda_v - 1) \left[1 - e^{-6,906(tt_z^{-1})^{m+1}} \right]. \quad (4)$$

Здесь величины λ , m , t_z определяются опытным путем. В случае сгорания газозвоздушных топливных смесей стехиометрического состава $\lambda = 7 \dots 8,5$. Показатель характера сгорания m зависит от формы камеры сгорания. Для цилиндрических камер сгорания принимается $m = 4 \dots 4,5$. Длительность процесса сгорания в первую очередь зависит от объема камеры сгорания. Для цилиндрических камер объемом 10...30 л, что соответствует рассматриваемому случаю, $t_z = 0,08 \dots 0,150$ с.

Зависимость (4) не учитывает снижение давления в камере сгорания, обусловленное перемещением поршня. Объем полости 13 цилиндра 12 сравнительно невелик, так как не превышает 10 % объема камеры сгорания 5 (см. рис. 1), поэтому влияние движения поршня 11 на давление в камере сгорания без большой погрешности можно учесть поправочным коэффициентом α , т. е.

$$P_k = \alpha P, \quad (5)$$

где P_k — расчетное давление в камере сгорания. Обозначим

$$\bar{P}_k = P_k / P_c; \quad \tau = t / t_z, \quad (6)$$

где \bar{P}_k — безразмерное давление газа в камере сгорания; τ — безразмерное время. Тогда из уравнений (4)–(6) получим закон изменения давления в камере сгорания в безразмерном виде:

$$\bar{P}_k = \alpha \left[1 + (\lambda_v - 1) \left(1 - e^{-6,906\tau^{m+1}} \right) \right]. \quad (7)$$

Процесс расширения продуктов сгорания, связанный с перемещением поршня 11, можно считать адиабатическим. При этом поправочный коэффициент определяется следующей зависимостью:

$$\alpha = \left(\frac{V_k}{V_k + f_{ц} X} \right)^{k_r}. \quad (8)$$

Здесь V_k — объем камеры сгорания; $f_{ц}$ — площадь поперечного сечения цилиндра; X — ход поршня; k_r — показатель адиабаты газа.

В начале процесса $X = 0$, $\alpha = 1$. По мере перемещения поршня значение коэффициента α уменьшается, поэтому в конце процесса сгорания топливной смеси α имеет минимальное значение. Тогда, учитывая, что в конце процесса сгорания $f_{ц} X \approx 0,1V_k$, $k_r \approx 1,28$, по формуле (8) получаем $\alpha \approx 0,93$. Следовательно, в соответствии с выражением (7) максимальное уменьшение давления в камере сгорания из-за перемещения поршня составляет около 7 %.

Определим закон изменения давления в полости 15 матрицы (см. рис. 1). Учитывая малость длины трубопровода 14, соединяющего полость 15 матрицы с полостью 13 цилиндра, можно считать, что при соответствующем подборе диаметра трубопровода перепад давлений между полостью и матрицей будет ничтожно малым. Исходя из этого, будем считать давление в полости 15 матрицы равным давлению в полости 13 цилиндра 12. При этом объем полости 15 матрицы, трубопровода 14 и полости 13 принимаем как единый объем. Первоначально давление воздуха в этом объеме равно давлению

нию топливной смеси в камере сгорания. Процесс сжатия воздуха, ввиду его быстротечности, можно считать адиабатическим. Тогда можно записать

$$P_c V_0^{k_b} = P_{ц} V_B^{k_b}, \tag{9}$$

где V_0, V_B — начальное и текущее объем воздуха; $P_{ц}$ — текущее значение давления воздуха в цилиндре; k_b — показатель адиабаты воздуха.

Начальный объем воздуха равен суммарному объему полости 15 матрицы, трубопровода 14 и объема 13 цилиндра

$$V_0 = V_M + f_T l_T + f_{ц} h. \tag{10}$$

Здесь V_M — объем матрицы; $f_T, f_{ц}$ — площади поперечных сечений трубопровода и цилиндра соответственно; l_T — длина трубопровода; h — полный ход поршня. Изменение объема воздуха обусловлено перемещением поршня, т.е.

$$V_B = V_0 - f_{ц} X. \tag{11}$$

Отсюда из уравнений (9) и (11) получаем

$$P_{ц} = P_c (1 - f_{ц} X / V_0)^{-k_b}. \tag{12}$$

Перемещение поршня обусловлено разностью давлений между полостями 10 и 13 цилиндра 12 (см. рис. 1). Давление в полости 10 практически не отличается от давления в камере сгорания, следовательно

$$\frac{dW}{dt} = \frac{f_{ц}}{m_{п}} (P_K - P_{ц}), \tag{13}$$

где P_K — давление в камере сгорания; W — скорость поршня; $m_{п}$ — масса поршня. Интегрируя уравнение (13), и учитывая, что в начальный момент ход и скорость поршня равны нулю, получаем

$$W = \frac{f_{ц}}{m_{п}} (P_K - P_{ц})_{cp} t; \tag{14}$$

$$X = \frac{f_{ц}}{2m_{п}} (P_K - P_{ц})_{cp} t^2. \tag{15}$$

Здесь $(P_K - P_{ц})_{cp}$ — осредненное значение перепада давлений.

К концу процесса сгорания топливной смеси, т.е. при $t = t_z$, завершается ход поршня. При этом уравнение (15) принимает следующий вид:

$$h = \frac{f_{ц}}{2m_{п}} (P_K - P_{ц})_{cp} t_z^2, \tag{16}$$

где h — полный ход поршня.

Отсюда

$$\frac{f_{ц}}{2m_{п}} (P_K - P_{ц})_{cp} = \frac{h}{t_z^2}. \tag{17}$$

Подставляя (17) в уравнение (15) и учитывая зависимость (5), получаем

$$X = h \tau^2. \tag{18}$$

Обозначим

$$\bar{P}_{ц} = P_{ц} / P_c; \quad v_{ц} = h f_{ц} / V_0. \tag{19}$$

Здесь $\bar{P}_{ц}$ — безразмерное давление в цилиндре; $v_{ц}$ — относительный объем цилиндра. Тогда из уравнений (12) и (18) получим закон изменения давления воздуха в цилиндре в безразмерном виде:

$$\bar{P}_{ц} = (1 - v_{ц} \tau^2)^{-k_b}. \tag{20}$$

Изменение безразмерного давления газа в камере сгорания (кривая 1) и цилиндре при различных значениях относительного объема цилиндра $v_{ц}$ представлено на рис. 2. На рисунке видно, что в начальный период давление в обеих полостях повышается очень медленно. Существенное увеличение давления начинается при $\tau > 0,4$, при этом давление в камере сгорания повышается интенсивнее, чем в цилиндре. При $\tau > 0,8$ интенсивность роста давления в камере сгорания существенно снижается, а в цилиндре значительно повышается. Максимальное значение давления в цилиндре существенно зависит от величины относительного объема $v_{ц}$. Если объем $v_{ц}$ составляет порядка 0,78 и выше, то в конечной стадии процесса сгорания давление в цилиндре становится выше, чем в камере сгорания. Это происходит за счет накопленной кинетической энергии поршня, т.е. при его торможении происходит дополнительное сжатие воздуха. Некоторое превышение давления воздуха в цилиндре над давлением в камере сгорания играет положительную роль. Оно предотвращает контакт штампуемой заготовки с поверхностью матрицы, что обеспечивает интен-

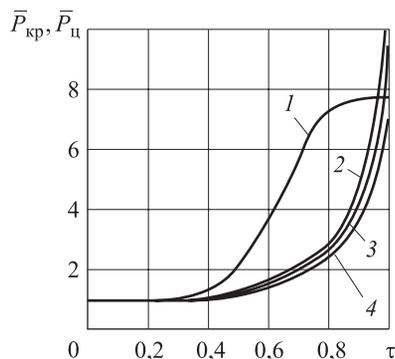


Рис. 2. Зависимость давления в камере сгорания (1) и цилиндре (2–4) от времени:

2 — $v_{ц} = 0,82$; 3 — $v_{ц} = 0,80$; 4 — $v_{ц} = 0,75$

сивный ее нагрев под действием продуктов сгорания. Однако чрезмерное увеличение давления воздуха может вызвать значительную деформацию заготовки в направлении камеры сгорания, что может ухудшить качество отштампованной детали.

Исходя из этого и анализа представленных на рис. 2 зависимостей, можно заключить, что величину относительного объема цилиндра $v_{ц}$ целесообразно ограничить в пределах 0,80...0,82. Следовательно, в соответствии с зависимостями (10), (19) объем цилиндра должен быть в 4–4,5 раз больше суммарного объема полости матрицы и трубопровода, соединяющего матрицу с цилиндром.

Обозначим

$$d_T = D_T/D_{ц}, \quad (21)$$

где d_T — относительный диаметр трубопровода; D_T , $D_{ц}$ — диаметры трубопровода 14 и цилиндра 12 соответственно (см. рис. 1). Тогда, исходя из зависимостей (10) и (19), а также учитывая, что объем трубопровода

$$V_T = \frac{\pi}{4} d_T^2 D_{ц}^2 l_T, \quad (22)$$

можно записать

$$\left(V_M + \frac{\pi}{4} d_T^2 D_{ц}^2 l_T \right) \frac{1}{1-v_{ц}} = \frac{\pi}{4} D_{ц}^2 l_{ц} \frac{1}{v_{ц}}. \quad (23)$$

Отсюда получим зависимость для определения диаметра цилиндра

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4}{\pi} V_M \left(l_{ц} \frac{1-v_{ц}}{v_{ц}} - l_T d_T^2 \right)^{-1}}. \quad (24)$$

Для уменьшения диаметра цилиндра целесообразно по возможности максимально уменьшить длину трубопровода l_T , который зависит от диаметра камеры сгорания и длины цилиндра. В этой связи полный ход поршня следует ограничить в пределах 0,35...0,45 м. Тогда при диаметре камеры сгорания не более 0,5 м величина l_T принимается в пределах 1 м.

Диаметр трубопровода должен быть таким, чтобы перепад давлений между цилиндром и матрицей был небольшим. Время движения поршня составляет около 0,1 с. При ходе поршня

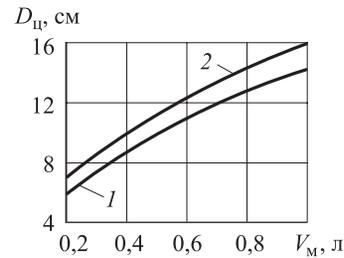


Рис. 3. Зависимость диаметра цилиндра от объема полости матрицы при $l_T = 1$ м; $d_T = 0,2$; $h = 0,4$:

1 — $v_{ц} = 0,80$; 2 — $v_{ц} = 0,82$

0,35...0,45 м максимальная его скорость составит 6...8 м/с. Для обеспечения небольшого перепада давлений между цилиндром и матрицей число Маха, определяемое как отношение скорости потока к скорости звука для потока воздуха в трубопроводе, должно быть не более 0,5 [10]. В этой связи для ограничения объема трубопровода без существенного увеличения указанного перепада давлений следует принять $d_T = 0,20...0,22$, т. е. диаметр трубопровода должен быть в 4,5–5 раз меньше диаметра цилиндра.

Зависимости диаметра цилиндра от объема матрицы представлены на рис. 3. На рисунке видно, что диаметр цилиндра имеет сравнительно небольшую величину. При штамповке плоских деталей максимально возможный объем полости матрицы составляет около 1 л. Следовательно, диаметр цилиндра не превышает 16 см.

Выводы

1. Разработано устройство для газовой штамповки, обеспечивающее односторонним воздействием высокотемпературного газа нагрев заготовки до заданного интервала температур и последующее ее деформирование, что существенно упрощает штамповку плоских деталей сложной формы, изготавливаемых из труднодеформируемых сплавов.

2. Получены уравнения, описывающие изменение параметров рабочего процесса разработанного устройства.

3. Определены оптимальные соотношения геометрических размеров разработанного устройства, повышающие эффективность его работы.

Литература

- [1] Алексеев П.А., Панченко Е.В. Моделирование процесса формообразования осесимметричной оболочки в режиме сверхпластичности. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2010, вып. 3, с. 181–185.

- [2] Ларин С.Н., Яковлев С.С., Чудин В.Н. Штамповая оснастка для изготовления одно- и многослойных листовых конструкций из высокопрочных материалов в режиме кратковременной ползучести. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2010, вып. 3, с. 102–107.
- [3] Ларин С.Н. Изотермическое формоизменение куполообразных оболочек. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2011, вып. 4, с. 77–81.
- [4] Ларин С.Н. Пневмоформовка ячеистых панелей из анизотропного материала. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2010, вып. 3, с. 51–61.
- [5] Botashev A.Yu., Bisilov N.U. The research and creation of device for the gas punching with bilateral heating of stock material. *Applied and Fundamental Studies. Proceedings of the 2nd International Academic Conference*, March 8–10 2013, vol. 1, St. Louis, Missouri, USA, pp. 195–198.
- [6] Botashev A.Y., Bisilov N.U., Malsugenov R.S. Research of new method of the sheet stamping and creation of equipment for his realization. *European Innovation Convention. Proceedings of the 1st International scientific conference*, 20–21 December, 2013. East West Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, pp. 129–135.
- [7] Боташев А.Ю., Бисилов Н.У. Исследование газовой листовой штамповки с двухсторонним нагревом заготовки. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2013, № 3, с. 25–28.
- [8] Боташев А.Ю., Бисилов Н.У. Исследование рабочего процесса устройства для газовой штамповки с двухсторонним нагревом заготовки. *Обработка металлов давлением. Сб. науч. тр.* Краматорск, ДГМА, 2010, № 4(25), с. 126–132.
- [9] Боташев А.Ю., Мусаев А.А. Разработка, исследование и создание двухкамерного устройства для газовой листовой штамповки. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2012, № 3, с. 20–23.
- [10] Мхитарян А.М. *Аэродинамика*. Москва, Эколит, 2012. 446 с.

References

- [1] Alekseev P.A., Panchenko E.V. Modelirovanie protsessa formoobrazovaniia osesimmetrichnoi obolochki v rezhime sverkhplastichnosti [Simulation of forming of axisymmetric shell in the mode of superplasticity]. *Izvestiia Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki* [Journal Tula State University. Technical Sciences]. 2010, issue 3, pp. 181–185.
- [2] Larin S.N., Iakovlev S.S., Chudin V.N. Shtampovaia osnastka dlia izgotovleniia odno- i mnogosloinykh listovykh konstruktсии iz vysokoprochnykh materialov v rezhime kratkovremennoi polzuchesti [Die tooling for producing of mono- and multilayered plate structures form high-strength materials in the mode of short-durated creeping conditions]. *Izvestiia Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki* [Journal Tula State University. Technical Sciences]. 2010, issue 3, pp. 102–107.
- [3] Larin S.N. Izotermicheskoe formoizmenenie kupoloobraznykh obolochek [The isothermal deforming of dome-shaped shells]. *Izvestiia Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki* [Journal Tula State University. Technical Sciences]. 2011, issue 4, pp. 77–81.
- [4] Larin S.N. Pnevmoformovka iacheistykh panelei iz anizotropnogo materiala [The pneumatic forming honeycomb panels made from anisotropic material]. *Izvestiia Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki* [Journal Tula State University. Technical Sciences]. 2010, issue 3, pp. 51–61.
- [5] Botashev A.Yu., Bisilov N.U. The research and creation of device for the gas punching with bilateral heating of stock material. *Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 2nd International Academic Conference*, March 8–10 2013, vol. 1, St. Louis, Missouri, USA, pp. 195–198.
- [6] Botashev A.Y., Bisilov N.U., Malsugenov R.S. Research of new method of the sheet stamping and creation of equipment for his realization. *European Innovation Convention. Proceedings of the 1st International scientific conference* (20–21 December, 2013). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, pp. 129–135.
- [7] Botashev A.Iu., Bisilov N.U. Issledovanie gazovoi listovoi shtampovki s dvukhstoronnim nagrevom zagotovki [Research of gas sheet punching with bilateral heating of stock material]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii* [Procurement of production engineering]. 2013, no. 3, pp. 25–28.

- [8] Botashev A.Iu., Bisilov N.U. *Issledovanie rabocheho protsessa ustroystva dlia gazovoi shtampovki s dvukhstoronnim nagrevom zagotovki* [Study workflow device for forming a two-way gas heating workpiece]. *Obrabotka metallov davleniem: Sbornik nauchnykh trudov* [Metal Forming: Collection of scientific papers]. Kramatorsk, DGMA publ., 2010, no. 4(25), pp. 126–132.
- [9] Botashev A.Iu., Musaev A.A. *Razrabotka, issledovanie i sozдание dvukhkamernogo ustroystva dlia gazovoi listovoi shtampovki* [Development, reseach and construction of two-chamber device for gas sheet forming]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii* [Production engineering procurement]. 2012, no. 3, с. 20–23.
- [10] Mkhitarian A.M. *Aerodinamika* [Aerodynamics]. Moscow, Ekolit publ., 446 p.

Статья поступила в редакцию 05.05.2014

Информация об авторах

БОТАШЕВ Анвар Юсуфович (Черкесск) — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Технология и оборудование пищевых производств». Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия (369000, Черкесск, Российская Федерация, ул. Ставропольская, 36, e-mail: botashev11@mail.ru).

БИСИЛОВ Назим Урусланович (Черкесск) — старший преподаватель кафедры «Технология и оборудование пищевых производств». Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия (369000, Черкесск, Российская Федерация, ул. Ставропольская, 36, e-mail: w9187124909@mail.ru).

МАЛСУГЕНОВ Роман Сергеевич (Черкесск) — аспирант кафедры «Технология и оборудование пищевых производств». Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия (369000, Черкесск, Российская Федерация, ул. Ставропольская, 36, e-mail: malsugenov_roma@mail.ru).

Information about the authors

BOTASHEV Anvar Yusufovich (Cherkessk) — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of «Food Production Technology and Equipment» Department. North Caucasian State Academy of Humanities and Technology (Stavropol'skaya str., 36, 369000, Cherkessk, Russian Federation, e-mail: botashev11@mail.ru).

BISILOV Nazim Uruslanovich (Cherkessk) — Senior Lecturer of «Food Production Technology and Equipment» Department. North Caucasian State Academy of Humanities and Technology (Stavropol'skaya str., 36, 369000, Cherkessk, Russian Federation, e-mail: w9187124909@mail.ru).

MALSUGENOV Roman Sergeevich (Cherkessk) — Post-Graduate of «Food Production Technology and Equipment» Department. North Caucasian State Academy of Humanities and Technology (Stavropol'skaya str., 36, 369000, Cherkessk, Russian Federation, e-mail: malsugenov_roma@mail.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышло в свет 2-е издание учебного пособия
А.А. Грешилова

«Математические методы принятия решений»

Изложены методы решений задач математического программирования и статистических задач принятия решений (задачи распознавания образов). Приведены алгоритмы, позволяющие учитывать влияние погрешностей всех случайных величин, фигурирующих в задаче (конфлюэнтный анализ).

Рассмотрены реальные примеры идентификации землетрясений и слабых взрывов по результатам сейсмических наблюдений, идентификации летательных аппаратов, задачи о назначениях, о максимизации выпуска продукции и т. п.

К пособию прилагается оптический диск с обучающими программными продуктами.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru