



УДК 539.3/.6:621.01/.03

Б.М. Абдеев, М.В. Дудкин, М.А. Сакимов, М.Т. Елеукенов
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ОБЕЧАЙКИ ВАЛЬЦА ДОРОЖНОГО КАТКА ПРИ
ИЗМЕНЕНИИ КРИВИЗНЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ
(Часть 1)**

Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности. Качество, стоимость и темпы дорожных работ, возможность применения принципиально новых технологий, конструкций и материалов во многом определяется наличием современной дорожной техники. Основная машина для уплотнения – дорожный каток [1-4].

На первый взгляд трудно придумать машину более простую, чем каток. Кажется, главная идея, воплощенная в этом виде техники, лежит на поверхности - чем тяжелее, тем лучше. Но оказалось, что если силовое воздействие, передаваемое от катка на уплотняемую среду выше её предела прочности, то материал начинает разрушаться. Если скорость уплотнения выше некоторой допустимой величины или слой уплотняемого материала слишком велик, то перед вальцом катка образуется волна сдвигаемого им материала и уплотнение становится малоэффективным и сменяется разрушением [3].

Регулирование статической составляющей давления катка, передаваемого грунту, можно осуществлять как изменением части веса катка, приходящегося на ведущий валец, так и изменением формы и площади контактируемой поверхности. Изменение части веса катка, приходящегося на ведущий валец, можно достичь баллаستировкой водой или грузами и изменением размера базы катка. Изменение формы и площади контактируемой поверхности можно осуществить изменением радиуса кривизны вальцов или пневмоколес катка [4], которое обеспечивает непрерывное регулирование силового воздействия катка на уплотняемую среду путем изменения диаметра кривизны вальца D в заданных пределах изменения характеристики уплотняемого материала в зоне их контакта, что, в конечном итоге, позволяет получить требуемые характеристики уплотнения дорожно-строительных материалов. Тогда все этапы уплотнения любого материала можно выполнять катками одного типоразмера, регулируя их силовое воздействие на уплотняемый материал. Все катки могут быть взаимозаменяемы на любом этапе укатки. В этом случае простой катков и другой, связанной с их работой техники, вызванные выходом из строя отдельных узлов и деталей, сократятся, а следовательно, повысится их производительность и эффективность процесса уплотнения. Поэтому остро стоит вопрос создания дорожных катков, способных плавно регулировать воздействие рабочих уплотняющих органов на деформируемую среду в зависимости от её изменяющихся в процессе уплотнения характеристик, а вопросы взаимосвязи производительности катка с его геометриче-

скими и динамическими параметрами, скоростью и деформацией уплотняемого слоя за один проход являются актуальными, так как их решение позволит обеспечить требуемые показатели качества строительства.

Основная цель механики твердого деформируемого тела [5] как науки, включающей в себя сопротивление материалов стержневых и пространственных систем (в том числе цилиндрических оболочек), - создание таких методов расчета конструкции на прочность, жесткость и устойчивость, которые обеспечивали бы безопасность проектируемых объектов, их нормальную работоспособность и экономичность. В этой связи тема, сформулированная в названии статьи, представляет собой новую фундаментально-прикладную механико-математическую задачу теории упругости. Принципиальная особенность её связана с наличием двух видов нелинейности [6] - геометрической, вследствие больших перемещений u , ϑ

$$u \gg \delta, \quad \vartheta \gg \delta, \quad (1)$$

намного превышающих толщину δ цилиндрической обечайки (оболочки), имеющий начальный средний радиус $R_c = const$ срединной поверхности, и конструктивной, которая является следствием предпосылки об упругом изгибе кругового кольца двумя взаимно уравновешенными радиально-растягивающими сосредоточенными силами P по уравнению эллипса [7, 8]

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2)$$

с полуосями a , b в координатной системе $x \theta y$ (рис. 1) при соблюдении следующих соотношений между проектными размерами [9-10]

$$\delta \ll B, \quad \frac{\delta}{\rho_{\min}} \leq \frac{1}{20}, \quad (3)$$

где B , ρ_{\min} - соответственно ширина обечайки и её наименьший средний радиус кривизны в случае эллиптической формы.

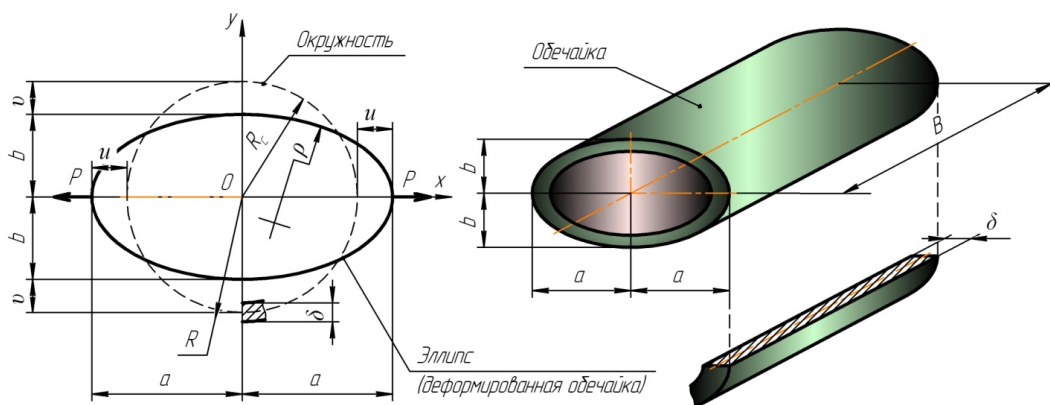


Рисунок 1 – Расчетные модели усовершенствованной конструкции обечайки вальца дорожного катка с изменяемой геометрией контактной поверхности

Что касается предположения о деформируемости кольца по эллиптической кривой, от-

носящейся к неперегибному типу, то возможность её существования доказана Е.П. Поповым [11] при любой величине растягивающей силы P до тех пор, пока материал работает в пределах пропорциональности, то есть подчиняется закону Гука.

Дадим параметрическое описание функциональной зависимости (2) [8]:

$$x = a \cdot \sin \varphi, y = b \cdot \cos \varphi, \quad (4)$$

в котором геометрический смысл параметра φ понятен из рис. 2, где AKA' – полуокружность радиуса a с точкой K , взятой на одной вертикали с точкой L эллипса, по ту же сторону от оси AA' .

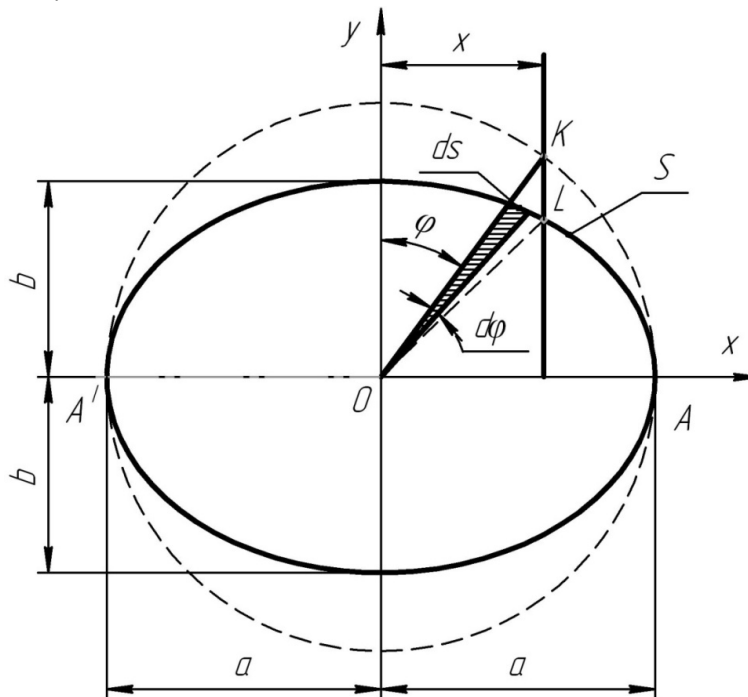


Рисунок 2 – К параметрической аппроксимации эллиптической формы деформированной обечайки

В решаемой задаче угловая компонента или амплитуда φ изменяется в пределах

$$0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} = 90^\circ, \quad (5)$$

и учитывать этот замкнутый интервал необходимо для определения длины дуги S эллиптической направляющей цилиндра в процессе её обратного преобразования в окружность радиусом R_C при условии неизменности (продольной недеформированности) периметра

$$S = 2\pi R_C = \text{const}, \quad (6)$$

согласно классическому допущению, используемому в фундаментальной теории расчета гибких упругих стержней [9, 12].

В соответствии с (4) и [13] представляем дифференциал ds дуги S (рис. 2):

$$dS = a \sqrt{1 - \xi^2 \sin^2 \varphi} d\varphi, \quad (7)$$

где ξ - эксцентриситет эллипса [3, 4]

$$\xi = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}, \quad (8)$$

с большей полуосью $a \geq b$ ($0 \leq \xi < 1$). Для окружности ($a=b$), являющейся частным случаем эллиптической кривой, $\xi=0$. В обозначении $E(\xi)$ эксцентриситет ξ называется модулем.

Учитывая (7), аппроксимируем длину S полным эллиптическим интегралом $E(\frac{\pi}{2}, \xi) = E(\xi)$ второго рода в форме Лежандра [4, 9]

$$S = 4a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \xi^2 \cdot \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi = 4aE(\xi), \quad (9)$$

который, как известно [13], не выражается через элементарные функции и в конечном виде не берется, а для его вычисления составлены справочные таблицы [12, 14].

По конструктивно-технологическим соображениям, регламентируемым величиной диаметра торцевых дисков [15], ограничиваем изменение радиуса R_C вальца при его деформации при вертикальном направлении, то есть вводим в расчетную схему конструкции условие жесткости (рис. 1)

$$\vartheta \leq 0,1R_C \quad (10)$$

и определяем из трансцендентного уравнения

$$4a_n E(\xi_n) = S = 2\pi R_C \quad (11)$$

модуль ξ_n , а также граничные соотношения

$$U_n = K_n \cdot R_C, \quad a_n = R_C + U_n = R_C(1 + K_n), \quad (12)$$

соответствующие предельному случаю неравенства (10)

$$\vartheta_n = 0,1 \cdot R_C \quad (13)$$

и, как следствие,

$$b_n = 0,9 \cdot R_C, \quad (14)$$

принимая во внимание выражения (6), (8), (9) и учитывая, что искомый безразмерный коэффициент

$$0 < K_n < 1. \quad (15)$$

Более подробно данная процедура выглядит следующим образом:

– преобразование зависимости (8) и (11) к виду

$$\xi_n = \frac{\sqrt{(1 + K_n)^2 + 0,81}}{1 + K_n}, \quad (16)$$

$$a_n = \frac{\pi}{2E(\xi_n)} \cdot R_C, \quad (17)$$

руководствуясь равенствами (12), (14);

– определение параметра K_n из (16)

$$K_n = \frac{0,9}{\sqrt{1 - \xi_n^2}} - 1 \quad (18)$$

и подстановка (18) в правую формулу (12) для a_n , откуда следует:

$$a_n \frac{0,9}{\sqrt{1-\xi_n^2}} \cdot R_C; \quad (19)$$

– получение трансцендентного уравнения на основании равенства правых частей выражений (17) и (19):

$$E(\xi_n) = \frac{\pi \sqrt{1-\xi_n^2}}{1,8}; \quad (20)$$

– вычисление, путем подбора, эксцентриситета ξ_n из условия (20) с использованием таблицы 21.6-4 справочника [14, с. 653] и метода линейной интерполяции [11]:

$$\xi_n = 0,57; \quad (21)$$

– расчет коэффициента K_n и кинематических характеристик U_n, a_n , воспользовавшись выражениями (18), (19) и (12):

$$K_n = 0,09537; \quad U_n = 0,09537 R_C; \quad a_n = 1,09537 R_C. \quad (22)$$

Дополняем последующее решение поставленной задачи необходимыми допущениями и гипотезами [5, 9, 12, 16, 19], наряду с ограничениями (3), (6):

1) материал конструкции, имеющей модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ , - однородный, изотропный, сплошной, физически линейный [6] и не учитывается собственная масса обечайки;

2) по соотношению геометрических характеристик $\rho_{\min} \gg 5\delta$, что следует из (3), кольцевой элемент рис. 1 классифицируется как тонкий брус малой кривизны со всеми вытекающими отсюда известными упрощениями [16, 19];

3) соблюдаются классические гипотезы Кирхгофа-Лява о неизменности нормальной к деформированной срединной поверхности обечайки и об отсутствии давления одного слоя цилиндрической оболочки на другой [11], то есть напряженное состояние рассматривается как плоское, а не объемное;

4) учитывая предпосылку (3) о малости толщины δ , по сравнению с минимальным радиусом ρ_{\min} , пренебрегаем влиянием внутренних поперечных сил Q на прочность и жесткость конструкции, принимая в расчет только наибольшие нормальные напряжения σ_M, σ_N в граничных точках ее радиальных сечений от функции изгибающего момента $M = M(x) \neq 0$ и продольного силового фактора $N = N(x) > 0$ [5, 8, 12, 14–16]

$$\sigma_M = \pm \frac{6|M|}{B\delta^2}, \quad \sigma_N = \frac{N}{B\delta}, \quad (23)$$

где знак «+» берется для растянутых волокон обечайки, а «-» для сжатых, и это легко устанавливается по очертанию эпюры M (рис. 3);

5) вследствие вращения вальца и бесступенчатого изменения его радиуса кривизны от значения $R_C = const$, соответствующего естественному состоянию гибкой обечайки, до конечной функции $\rho = \rho(x) \neq const$ при плавной трансформации окружности в эллипс [15], напряжения $\sigma = \sigma(t)$, зависящие от времени t , циклически меняются в одной точке от σ_{\min} до σ_{\max} [20, 21].

Функцию внутреннего изгибающего момента $M=M(x)$ находим, применяя высокоточное уравнение равновесия [9, 12]

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{R_C}, \quad (24)$$

в котором H - жесткость стержня прямоугольного сечения обечайки (рис. 1) при соблюдении первого неравенства (3), [8]:

$$H = \frac{EB\delta^3}{12(1-\mu^2)}. \quad (25)$$

Для радиуса кривизны $\rho = \rho(x)$ эллипса (рис. 1) используем справочную формулу [7]

$$\rho = \rho(x, y) = a^2 b^2 \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2}, \quad -a \leq x \leq a, -b \leq y \leq b, \quad (26)$$

после исключения из неё аргумента y согласно (2), то есть

$$y = \pm b \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}, \quad (27)$$

в результате будем иметь

$$\rho = \rho(x) = \frac{a^2}{b} \left[1 - \frac{x^2}{a^2} \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \right) \right]^{3/2}, \quad -a \leq x \leq a. \quad (28)$$

Заменяя произвольные размеры полуосей a, b их допустимыми значениями a_n, b_n в соответствии с (14) и (22), получаем функцию $\rho_n = \rho_n(x)$ при наибольшем изменении очертания деформированной обечайки, выраженную через R_C :

$$\rho_n = \rho_n(x) = 1,333 R_C \left(1 - 0,2708 \frac{x^2}{R_C^2} \right)^{3/2}, \quad -a_n \leq x \leq a_n, \quad (29)$$

где, в случае $x=0$,

$$\rho_{\max} = \rho_n(0) = 1,333 R_C, \quad (30)$$

а когда $x = \pm a_n = \pm 1,09537$

$$\rho_{\min} = \rho_n(\pm a_n) = 0,7394 R_C. \quad (31)$$

С учетом (31) граничное неравенство (3) становится более конкретным и удобным к применению для его проверки:

$$\delta \leq 0,03697 R_C. \quad (32)$$

Например, при заданном внешнем радиусе $R=60$ см поверхности вальца (рис. 1)

$$R_C = R - \frac{\delta}{2} = 60 - \frac{\delta}{2}, \quad (33)$$

её конструктивная толщина δ должна быть в пределах

$$\delta \leq \delta_{\max} = 2,18 \text{ см}, \quad (34)$$

и только в случае соблюдения условия (34) разрабатываемая физико-математическая модель будет достаточно корректной и точной с допустимой для инженерно-технических

расчетов погрешностью, не выходящей за пределы 5 % [10].

Правило знака момента M следует из уравнения (24), имея в виду, что параметр $H > 0$: если кривизна стержня увеличивается, то $M > 0$ и $M < 0$ – когда уменьшается. В этой связи учитывается, естественно, и знак изменения разности $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{R_C}$, то есть положительно-

му значению $M > 0$ соответствует $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{R_C} > 0$ и наоборот.

Заменяя обозначения $M \Rightarrow M_n$, $\rho \Rightarrow \rho_n$ и подставляя ρ_n , согласно (29), в соотношение (24), получаем следующую расчетную зависимость для функции предельного изгибающего момента $M_n(x)$:

$$M_n = M_n(x) = \frac{H}{R_C} \left[\frac{0,7502}{\left(1 - 0,2708 \frac{x^2}{R_C^2}\right)^{3/2}} - 1 \right], \quad (35)$$
$$-1,09537 R_C \leq x \leq 1,09537 R_C.$$

На рис. 3 представлена безразмерная модификация M_n^* эпюры M_n

$$M_n^* = M_n \frac{R_C}{H} = \frac{0,7502}{\left(1 - 0,2708 \frac{x^2}{R_C^2}\right)^{3/2}} - 1, \quad (36)$$

соответствующая аналитическому выражению (35) с учетом симметрии расчетной модели рис. 1, а для вычисления координаты y эллипса (основания эпюры M_n^*) использована формула (27), в которой $a = a_n$ и $b = b_n$, то есть

$$y = \pm 0,9 R_C \sqrt{1 - \frac{x^2}{a_n^2}}, \quad (37)$$

где переменная x изменяется через интервал $0,2a_n$:

$$x = 0; 0,2 a_n; 0,4 a_n; 0,6 a_n; 0,8 a_n; a_n. \quad (38)$$

Численные значения $M_n^* = M_n^*(x)$ определены для тех же граничных точек (38) эллиптического контура и даны в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета эпюры M_n^*

x	0	$0,2a_n$	$0,4a_n$	$0,6a_n$	$0,8a_n$	a_n
y	$\pm 0,9 R_C$	$\pm 0,882 R_C$	$\pm 0,825 R_C$	$\pm 0,72 R_C$	$\pm 0,54 R_C$	0
M_n^*	-0,2498	-0,2372	-0,1890	-0,0416	0,1263	0,3524

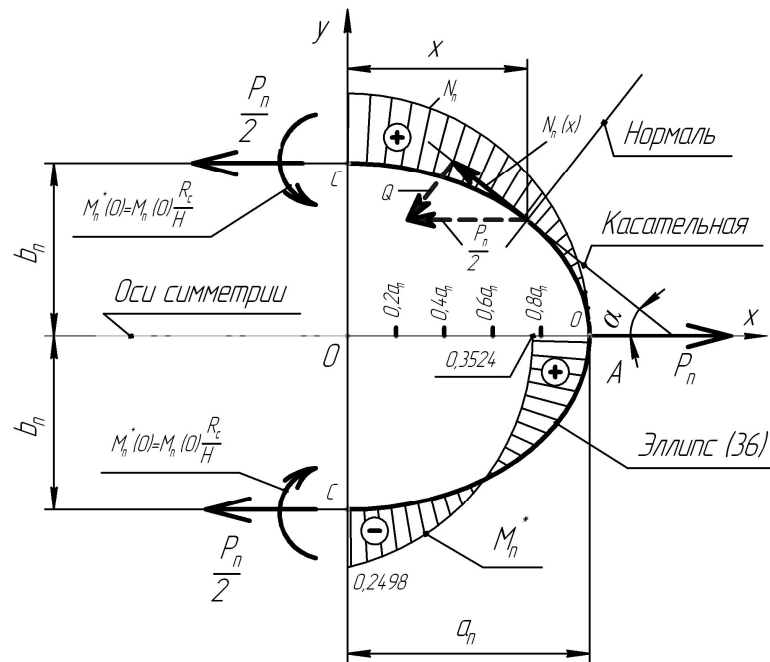


Рисунок 3 – Эпюры внутренних силовых факторов M_n^* и N_n при условии жесткости (13)

Функцию продольной силы $N_n = N_n(x)$ в поперечном сечении кольца (обечайки) находим, руководствуясь рис. 3

$$N_n = \frac{P_n}{2} \cos \alpha, \quad (39)$$

где $\alpha = \alpha(x)$ - угол наклона касательной к эллипсу, изменяющийся в первой координатной четверти на замкнутом интервале

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} \quad (40)$$

и зависящий от аргумента x на основании известных дифференциально-тригонометрических соотношений [7] с учетом (37):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{0,9 R_c x}{a_n^2 \sqrt{1 - \frac{x^2}{a_n^2}}}, \quad (41)$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2}}. \quad (42)$$

Общий характер одной четвертой части эпюры $N_n = N_n(x)$ проиллюстрирован на том же рис. 3, причем $N_{\max} = N_n(0) = \frac{P}{2}$, когда $x = 0$, и $N_{\min} = N_n(a_n) = 0$ в сечении «А».

В соответствии с эпюрой M_n^* и формулами (25), (33), (36), изгибающий момент M_n в точке «А» при $x = \pm a_n = \pm 1,09537R_C$ равен (рис. 3)

$$M_n = M_n(\pm a_n) = 0,3524 \frac{H}{R_C} = 0,05873 \frac{EB\delta^3}{(1-\mu^2)(2R-\delta)}. \quad (43)$$

Такое же значение параметра $M_n(\pm a_n)$ должно быть и при его определении статическим методом [16-20], как сумма моментов всех сил относительно точки «А» для верхней ($\sum m_A^{\text{верх}}$) или нижней ($\sum m_A^{\text{низ}}$) от сечения «А» части кольца с учетом (14), (25), (33), (36), а именно (рис. 3):

$$\begin{aligned} M_n(\pm a_n) &= \sum m_A^{\text{верх}} = \frac{P_n}{2} \cdot b_n + M_n(0) = 0,45P_nR_C - 0,2498 \frac{H}{R_C} = \\ &= 0,225P_n(2R-\delta) - 0,04163 \frac{EB\delta^3}{(1-\mu^2)(2R-\delta)}, \end{aligned} \quad (44)$$

где $M_n(0)$ - изгибающий момент в сечении «С», вычисляемый по аналогии с (43) при $x=0$, то есть

$$M_n(0) = -0,2498 \frac{H}{R_C} = -0,04163 \frac{EB\delta^3}{(1-\mu^2)(2R-\delta)}. \quad (45)$$

Приравнивая правые части выражений (43) и (44)

$$M_n(\pm a_n) = \sum m_A^{\text{верх}}, \quad (46)$$

находим искомую, предельную по граничному условию жесткости (13), растягивающую силу P_n :

$$P_n = \frac{0,446 \cdot EB\delta^3}{(1-\mu^2)(2R-\delta)^2}. \quad (47)$$

Очевидно, что равенство (46) и адекватная ему нагрузка P_n , определяемая соотношением (47), обеспечивают изгиб обечайки по эллипсообразной кривой, и данное эксплуатационно-технологическое требование заложено в предварительный патент на изобретение [15], а также входит в число основных предпосылок представляемой здесь расчетно-теоретической модели. Следует (в связи с этим пояснением) подчеркнуть, что само по себе исходное уравнение (24), использованное для получения функции $M_n(x)$, еще не гарантирует конечную форму деформированного кольца в виде эллипса (2), поскольку оно (уравнение) математически точно описывает чистый изгиб тонкого кривого бруса [6, 12], когда $Q=0$, а в данном же случае $Q \neq 0$ (рис. 3). Поэтому соблюдение условия (45) для решения этого вопроса является обязательной процедурой моделируемого процесса.

Список литературы

1. Захаренко А.В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов уплотнения катками грунтов и асфальтобетонных смесей: Дисс. ... д-ра техн. наук. - Омск: СибАДИ, 2005. - 320 с.
2. Зубков А.Ф. Разработка технологии устройства асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными параметрами: Дисс. ... д-ра техн. наук. - Воронеж: ВГАСУ, 2008. - 360 с.

3. Борисевич В.Б. Научные основы моделирования и управления технологическими машинами на грунтах со слабой несущей способностью. – Дисс. ... д-ра техн. наук. – М.: МАДИ, 2006. – 439 с.
4. Дудкин М.В. Повышение эффективности процесса уплотнения на основе совершенствования конструкций дорожных катков: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Алматы: КазАТК, 2010. – 355 с.
5. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. – М.: Наука, 1975. – Т. 1. – 832 с.
6. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.
7. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 608 с.
8. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 872 с.
9. Пономарев С.Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С.Д. Пономарев, Л.Е. Андреева. – М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.
10. Искрицкий Д.Е. Строительная механика элементов машин. – Л.: Изд-во «Судостроение», 1970. – 448 с.
11. Бояршинов С.В. Основы строительной механики машин: Учеб. пособие для студентов втузов. – М.: Машиностроение, 1973. – 456 с.
12. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
13. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. – М.: Наука, 1966. – Т. 2. – 800 с.
14. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн / Пер. с англ. И.Г. Арамановича, А.М. Березмана и др.; под общ. ред. И.Г. Арамановича. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
15. Предварительный пат. РК 18131. Валец дорожного катка / М.В. Дудкин, П.С. Кузнецов, М.А. Сакимов, А.А. Головин, А.К. Киялбаев. – №51084.МПК E01C 19/26, E01C 19/23. Оpubл. бюл. – № 12; 15.12.2006.
16. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1975. – 704 с.
17. Беляев Н.М. Сопротивление материалов: Углубленное пособие. – М.: Наука, 1965. – 856 с.
18. Любашин М.И. Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любашин, Г.М. Ицкович. – Минск: Изд-во «Вышэйшая школа», 1969. – 464 с.
19. Дарков А.В. Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – М.: Высшая школа, 1969. – 734 с.
20. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И.А. Биргер, В.Ф. Шорр, Г.Б. Ио-силевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
21. Соренсен С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: Руководство и справочное пособие / С.В. Соренсен, В.Г. Кочаев, Р.М. Шнепдерович. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.
22. Справочник машиностроителя: В шести томах / Под ред. С.В. Соренсена. – М.: Машгиз, 1963. – Т. 3. – 652 с.
23. Лизин В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 448 с.
24. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
25. Биргер И.А. Сопротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов: Учеб. пособие. – М.: Наука, 1986. – 560 с.

Получено 25.11.11

УДК 621. 775.2

Л.А. Горбачев
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск
С.Ю. Лозовая
БГТУ, г. Белгород, Россия

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕМА ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПОМОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MAPLE 13**

В связи с увеличением спроса на минеральные порошки в различных областях промышленности и развитием малого и среднего бизнеса растет потребность в помольных агрегатах компактного исполнения. В связи с этим актуальной задачей становится разработка малотоннажных помольных агрегатов для получения частиц размером менее 10 мкм узкого гранулометрического состава с заданными свойствами и требуемой формой частиц – необходимо получить из того минимума, что имеется, максимум возможного (условие быстрой окупаемости и целесообразности использования подобных агрегатов).

Одними из важнейших факторов являются производительность агрегата и качество помола, которые обусловлены рациональностью объема заполнения рабочего пространства, что тесно связано с коэффициентом полезного заполнения материалом рабочей камеры. Важность коэффициента заполнения очевидна и в силу небольших размеров помольных агрегатов.

Ранее [1], при исследовании процесса размола в малогабаритных устройствах – в вибромельнице и аттриторе – получены уравнения регрессии при двухфакторном эксперименте и установлено, во-первых, что в начальной стадии измельчения в аттриторе разمول идет избирательно – прорабатывается часть материала, остальной сохраняет исходную фракцию (недомол). При этом с увеличением диаметра шаров процент недомола резко уменьшается, зато увеличивается средний размер размолотой фракции. В вибромельнице такого явления не наблюдалось – в этом случае и в начальной стадии весь материал размалывался равномерно с увеличением интенсивности размола при увеличении диаметра шаров. Интенсивность диспергирования в аттриторе оказалась в 2,1 раза выше, чем в вибромельнице.

В работах [2-5] установлено, что эффективность удара с ростом дисперсности частиц уменьшается вследствие увеличения затрат энергии на разрушение вторичных структур (агломератов), возникающих в порошке. Порошок достаточно высокой дисперсности по отношению к внешнему воздействию ведет себя подобно вязкой жидкости. С увеличением удельной поверхности порошка число контактов в нем растет и, соответственно, повышается его сопротивление удару, поэтому раздавливание и истирание являются наиболее соответствующими физике процесса сверхтонкого помола.

При помоле материалов, имеющих пластинчатую, шестоватую и прочие подобные структуры, наличие ударных воздействий приводит к тому, что разрушение происходит по слоям. Например, ударные воздействия при помоле волластонита, имеющего микроигольчатую структуру, необходимы при использовании его в качестве микроармирующего наполнителя для повышения тиксотропности в лакокрасочной промышленности. При его использовании для снижения усадки во время обжига керамических масс форма частиц волластонита должна быть близкой к округлой, поэтому для окатывания частиц необходимо реализовывать в рабочей области помольного аппарата раздавливающее истирающее воздействие, что можно реализовать в мельницах с деформируемыми рабочими камерами.

При деформировании основным свойством рабочей камеры является способность изменять свои размеры под действием нагрузки. Использование в качестве рабочего органа деформируемой рабочей камеры позволяет получить новый механизм воздействия на обрабатываемую среду. При этом изменение жесткости, степени и способа деформирования, способа установки корпуса дает возможность изменить характер воздействия на ма-

териал в зависимости от его свойства и требуемых условий проведения процесса [6].

Материал камер: износостойкая и(или) кордированная резина с капроновым или полиамидным волокном; металлические наборные оболочки из сегментов различной конфигурации.

Форма деформируемой камеры: цилиндрическая, бочкообразная, гофрированная с цилиндрическими или с винтовыми гофрами. Деформирующие элементы могут иметь следующую конфигурацию: цилиндрическую, коническую, наборные из элементов сферической, цилиндрической, конической и др. форм. Камеру можно деформировать в продольном или поперечном сечении. Таким образом, варьируя типы камер и виды деформирования на них можно реализовать те или иные воздействия на частицы материала.

Ввиду многообразия способов и видов деформирования рабочих камер определим коэффициент полезного заполнения в цилиндрической камере (рис. 1).

Реализовать ударные или истирающие *воздействия* в одном устройстве без изменения его конструкции можно двумя способами:

- изменив характер воздействия на деформируемую камеру (в поперечном сечении вращением (рис. 1, а) или возвратно-поступательно (рис. 1, б));
- количество мелющих тел в камере, а именно, если упаковка мелющих тел плотная, то в устройстве будут реализованы раздавливающе-истирающие воздействия, если нет, то ударные.

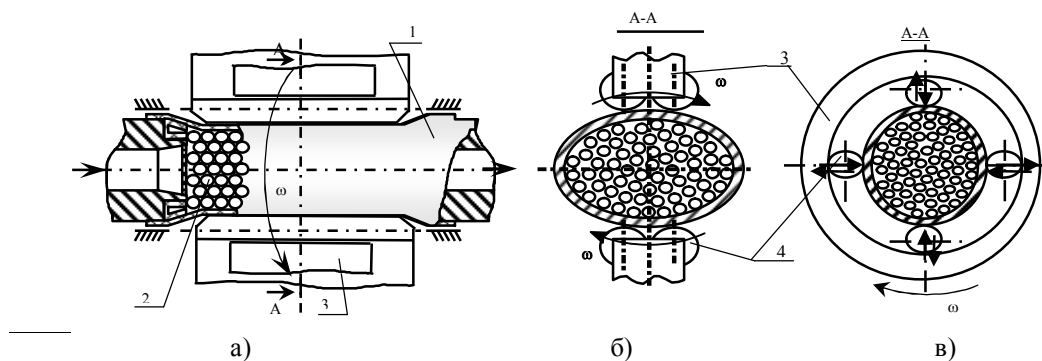


Рисунок 1 - Схема помольного устройства с цилиндрической деформируемой рабочей камерой

Второй способ реализовать проще, для этого необходимо определить виды «плотнейших» упаковок, а для определения рационального объема заполнения камеры измельчаемым материалом - коэффициент полезного заполнения.

Мельница содержит неподвижную деформируемую герметично и горизонтально расположенную помольную камеру 1 [7] с загрузочным и выгрузочным отверстиями. Деформируемая камера наполнена мелющими телами 2 и деформируется снаружи двумя парами роликов 3, установленными на водиле. В рабочем состоянии ролики придают корпусу форму эллипса. При вращении ролики, обкатывая рабочую камеру, деформируют ее, происходит перемещение мелющих тел, которые создают множественные точечные контакты, обеспечивающие истирающие и раздавливающие воздействия на частицы. Частицы материала, попадая в пространство между шарами, интенсивно измельчаются.

При помоле материалов интерес представляют «плотнейшие» виды упаковок мелющих тел (шаров) (рис. 2) и осуществляемые на их основе виды взаимодействий с частицами

измельчаемого материала. Для реализации только раздавливающе-истирающих воздействий на измельчаемые частицы камера должна быть плотно заполнена мелющими телами и материалом, что реализуется в основном с помощью кубической и гексагональной упаковок.

Размер шаров можно связать с размером пустот между ними (радиусы сфер взаимодействия), а следовательно, и определить коэффициент полезного заполнения. В упакованной структуре такие сферы можно считать несжимаемыми шарами (пустотами), касающимися друг друга в точках контакта. Для упаковок радиусы пустот R легко подсчитать из условий соприкосновения шаров. В гранецентрированной упаковке (рис. 2, а) контакт имеет место по диагоналям граней ячейки. Зная параметр элементарной ячейки a можно рассчитать размер мелющих тел $r_u = a\sqrt{2}/4$.

Определенное значение имеют размеры (радиусы) пустот между мелющими телами. Под ними понимают радиусы таких сфер, которые при размещении в пустоте касаются всех мелющих тел (шаров), образующих эту пустоту. Радиусы как октаэдрических пустот R_{ON} , так и тетраэдрических R_{TN} , определяются (рис. 2) следующим образом.

Из рис. 2 следует, что $2r_u + 2R_{ON} = a$ и $4r_u + 4R_{TN} = a\sqrt{3}$,
отсюда

$$\begin{aligned} R_{ON} &= \frac{a - 2r_u}{2} = 0,147a = 0,417r_u; \\ R_{TN} &= \frac{a\sqrt{3}}{4} - r_u = 0,08a = 0,225r_u, \end{aligned} \quad (1)$$

где r_u - радиусы мелющих тел.

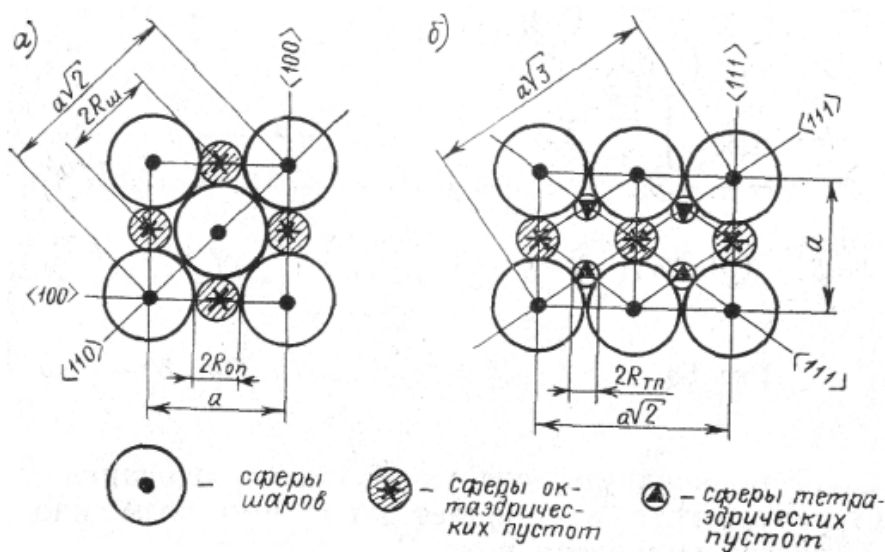


Рисунок 2 – Характер контактов шаров в различных «плотнейших» упаковках:
а – октаэдрическая упаковка; б – тетраэдрическая упаковка

Предположим, что присутствие обеих типов упаковок равновероятно. Поэтому средний радиус пустот равен

$$\frac{1}{2}(R_{ON}+R_{TN})=0,32Ir_{ш}. \quad (2)$$

Но здесь не учитывается объем пустот в пристенной зоне цилиндрической камеры. Для этого проведем уточненный расчет.

Мелющие тела с материалом, находящиеся в объеме камеры, представляют собой смесь с удельной плотностью $\rho_{см}$, значение которой можно рассчитать из массового соотношения

$$\rho_{см}V_k = \rho_m V_n + \rho_{ш} V_{ш}, \quad (3)$$

где V_k - объем рабочей камеры; V_n - объем пустот между мелющими телами в рабочей камере; $V_{ш}$ - объем, занимаемый мелющими телами в рабочей камере; ρ_m - удельная плотность измельчаемого материала; $\rho_{ш}$ - удельная плотность материала мелющих тел;

После почленного деления выражения (3) на объем камеры V_k с учетом соотношения $V_k = V_{ш} + V_n$, получим выражение, определяющее значение плотности смеси

$$\rho_{см} = v\rho_{ш} + (1-v)\rho_m, \quad (4)$$

где v - отношение объема мелющих тел к объему рабочей камеры;

$$K_3 = 1 - \frac{4N\pi r_{ш}^3}{3V_k}, \quad (5)$$

где N - количество мелющих тел в рабочей камере; $K_3 = (1-v)$ - объем пустот между мелющими телами.

Определим полное число мелющих тел для рабочей камеры цилиндрической формы с объемом $V_{кц} = \pi R^2 L$. Для этого цилиндр разобьем на ряд коаксиальных цилиндров с радиусами $R - 2ir_{ш}$ (рис. 3), где i - количество слоев, тогда число мелющих тел в i -м коаксиальном слое будет определяться выражением $\frac{L}{2r} \cdot \frac{2\pi(R - ir_{ш})}{2r_{ш}}$.

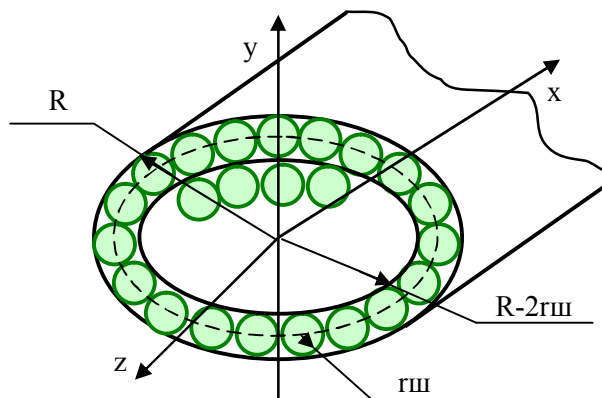


Рисунок 3 - Расчетная схема

Тогда полное число мелющих тел во всем объеме цилиндра будет равно их сумме в каждом коаксиальном цилиндре и определяться следующим соотношением

$$N_{\text{ц}} = \frac{\pi L}{2r} \sum_{i=1}^{K_{\text{ц}}} \frac{(R - ir_{\text{ц}})}{r_{\text{ц}}} = \frac{\pi}{2} \frac{L}{r_{\text{ц}}} \sum_{u=1}^{K_{\text{ц}}} \left(\frac{R}{r_{\text{ц}}} - i \right), \quad (6)$$

где $K_{\text{ц}} = \left\lceil \frac{R}{2r_{\text{ц}}} \right\rceil$ - количество коаксиальных цилиндров, определяемое целой частью соотношения.

Проведем анализ графика (рис. 4) зависимости величины коэффициента полезного заполнения рабочих камер цилиндрической формы от их геометрических размеров и диаметров мелющих тел.

Коэффициент полезного заполнения рассчитывался для трех типоразмеров камер. Характер всех приведенных зависимостей однотипен, вначале имеет место линейная зависимость, которая переходит в синусоидальный вид. Переход линейных частей графиков на синусоидальный указывает на то, что увеличение размера мелющих тел снижает плотность упаковки, а это существенно уменьшит количество точечных контактов и, следовательно, снизит интенсивность процесса помола.

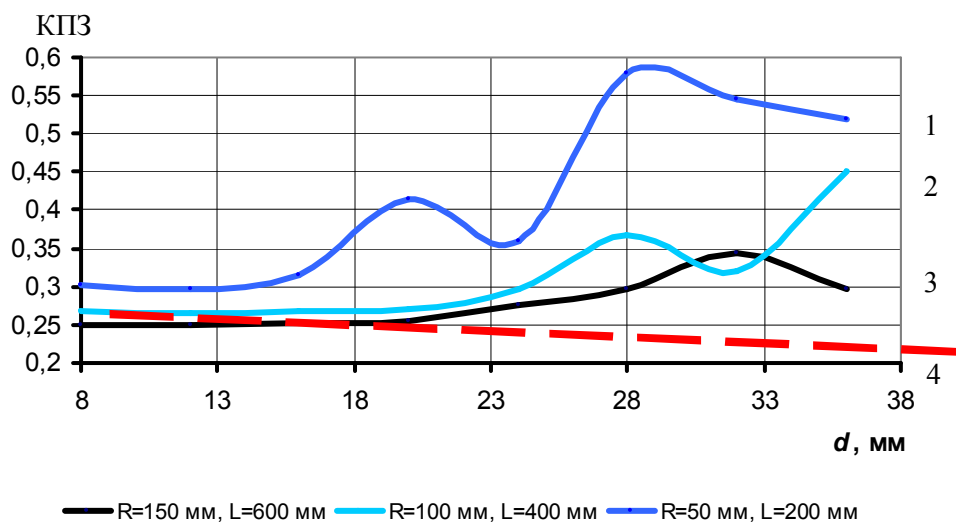


Рисунок 4 - График зависимости величины $K_{\text{ц}}$ от размеров мелющих тел для цилиндрических камер с различными геометрическими размерами

Различный порог перехода линейной зависимости к синусоидальной указывает на то, что имеет место масштабный фактор, т.е. мелющие тела большего размера применять нецелесообразно. А именно, для мельниц меньшего типоразмера порог перехода существенно ниже, чем у мельниц большего типоразмера (увеличение типоразмера камеры в 3 раза значение предела перехода одной линии в другую увеличивает в 2 раза). Через точки перехода линейной зависимости к синусоидальной проведена кривая, линия тренда – прямая (линия 4), изменяющаяся по закону

$$K_3 = -0,0085R/d_{\text{ц}} + 0,03426. \quad (7)$$

Характер кривых показывает, что коэффициент полезного заполнения выше у камер с

меньшим типоразмером (кривая 1) по сравнению с камерами большего размера (кривая 3), это можно объяснить тем, что у малых камер в пристенной зоне пустоты имеют больший объем из-за того, что их радиус кривизны меньше. Расчет коэффициента полезного заполнения для камеры цилиндрической формы производился с использованием ЭВМ, программа для расчета написана на языке программирования «СИ++». Произведем расчет изменения коэффициента полезного заполнения от размера мелющих тел с использованием аналитического пакета MAPLE 13 (рис. 5).

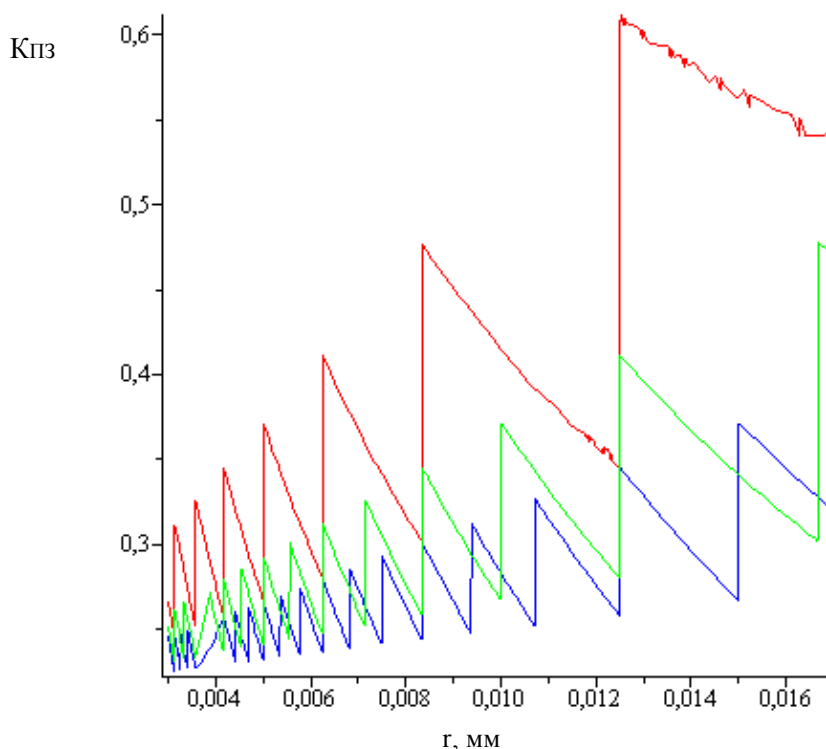


Рисунок 5 - Изменение коэффициента полезного заполнения от размера мелющих тел с использованием аналитического пакета MAPLE 13

Характер всех приведенных зависимостей однотипен, имеет синусоидальный вид, который указывает на то, что увеличение размера мелющих тел снижает плотность упаковки, что обуславливает возникновение удара и снижает интенсивность процесса помола. Различный порог синусоид указывает на то, что имеет место масштабный фактор. Min показывает на желаемый размер мелющих тел, при котором упаковка их наиболее «плотная». Так для камеры с меньшим объемом целесообразно использовать мелющие тела размером 6, 7, 9, 11 мм и т.д. Для мельниц большего типоразмера гораздо проще подобрать размер мелющего тела для обеспечения безударной работы устройства.

Коэффициент полезного заполнения выше у камер с меньшим типоразмером по сравнению с камерами большего размера, т.к. у малых камер в пристенной зоне пустоты имеют больший объем из-за того, что их радиус кривизны меньше.

Таким образом, расчет изменения коэффициента полезного заполнения от размера ме-

лющих тел с использованием аналитического пакета MAPLE 13 дает возможность более точно определить их, и, следовательно, обуславливает рациональность заполнения пространства помольных устройств.

Список литературы

1. Горбачев Л.А. Исследование процесса размол в вибромельнице и атриторе /Л.А. Горбачев, С.Ю. Лозовая, В.Н. Бекк // Материалы Всесоюзной конф. «Технология сыпучих материалов» (18-21 сент. 1989 г.). - Ярославль. - С. 111-112.
2. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1972. - 239 с.
3. Шинкоренко С.В. Исследования в области теории и технологии измельчения руд (кинетика, моделирование интенсификация процессов: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. - Днепропетровск, 1978. - 53 с.
4. Шинкоренко С.Ф. Технология измельчения руд черных металлов. - М.: Недра, 1983. - 213 с.
5. Лозовая С.Ю. Схемы мельниц с деформируемыми рабочими камерами //Материалы Междунар. конгресса «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии», посвященного 150-летию В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ, 2003. - Ч. IV. - С. 85-88.
6. А.с. № 35792 РК, патент РК № 12712, МКИ³ В02С 13/00. Мельница тонкого помола / С.Ю. Лозовая, Н.Т. Мухамадиев, Д.А. Архипов, А.Д. Маусумбаев; ВКГТУ; Заявлено № 2001/1008.1 от 01.08.2001; Опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2.
7. А.с. № 20930 РК, патент РК № 7098, МКИ³ В02С 13/00. Мельница тонкого помола / С.Ю. Лозовая, А.К. Гельцер; ВКГТУ; Заявлено № 960955.1 от 06.12.96; Опубл. 15.02.1999, Бюл. № 2.

Получено 5.12.11

УДК 656.052.8

А.Н. Койчубаева, А.А. Макенов

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПО ПОДГОТОВКЕ
ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Автомобильный транспорт играет все большую роль в развитии экономики всех стран, так как для него характерна большая гибкость в удовлетворении спроса на перевозку грузов различного типа, объема и обеспечение пассажирских перевозок. Это и обуславливает соответствующее увеличение численности автотранспортных средств.

В последние годы численность автотранспортных средств Республики Казахстан значительно возросла. Например, за период с 2006 по 2010 г. парк автотранспортных средств республики вырос более чем на 2 млн единиц. По итогам 2010 года число автотранспортных средств в Республике Казахстан достигло 3 931 323 ед. При этом количество легковых и грузовых автомобилей увеличилось почти в два раза. Около 80 % парка автотранспортных средств республики составляют легковые автомобили. Согласно прогнозу Комитета дорожной полиции МВД РК, число автомобилей на казахстанских дорогах в 2012 году возрастет до 4,5 млн ед. [1].

Заметный рост численности автотранспортных средств особенно отчетливо наблюдается в городах Республики Казахстан, так как они характеризуются высоким уровнем приложения труда. Например, анализ численности транспортных средств (ТС) в городе

Усть-Каменогорске позволил отметить постоянный рост количества автотранспортных средств с 2006 по 2009 г. и некоторое снижение в 2010 г. (табл. 1). Это обусловлено вступлением в силу нового технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств», которым предусматривается запрещение ввоза на территорию республики автомобилей с правым расположением рулевого колеса.

Таблица 1

Данные о численности ТС в городе Усть-Каменогорске

Вид ТС	Год				
	2006	2007	2008	2009	2010
Мотоциклы	1851	1847	1844	1795	1711
Легковые автомобили	69430	75595	78465	78755	77511
Грузовые автомобили	7702	8231	8369	8309	8014
Автобусы	2197	2420	2297	2182	2054
Прицепы	3832	4284	4509	4585	4591
Итого:	85012	92377	95484	95626	93881

Вместе с тем рост численности ТС наряду с безусловно положительным влиянием на экономику и социальное развитие государств несет в себе и отрицательные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий (ДТП), погибших и раненых, огромным материальным ущербом, негативным влиянием на экологическое состояние городской среды, загромождением улиц стоящими автомобилями [2].

Например, в городе Усть-Каменогорске за период с 2006 по 2010 г. в общем произошло 1 638 ДТП, из которых 77 % совершено по вине водителей ТС (табл. 2).

Таблица 2

Распределение ДТП по годам

Наименование	Год					В среднем за 5 лет
	2006	2007	2008	2009	2010	
Количество ДТП, ед.	331	345	334	331	297	328
из них по вине водителей ТС	245	272	260	256	230	253
Погибло, чел.	42	26	35	33	14	30
Ранено, чел.	289	319	299	298	283	298

Анализ распределения ДТП по видам показывает, что в основном происходят наезды ТС на пешеходов (55 %) и столкновения ТС (23 %) (табл. 3).

Таблица 3

Распределение ДТП по видам

Вид происшествия	Год	В среднем
------------------	-----	-----------

	2006	2007	2008	2009	2010	за 5 лет
Столкновение ТС	75	90	80	63	69	75
Опрокидывание ТС	23	19	12	22	16	18
Наезд на стоящее транспортное средство	15	4	8	8	10	9
Наезд на препятствие	22	28	35	29	23	27
Наезд на пешехода	185	194	190	180	160	182
Наезд на велосипедиста	6	2	5	11	9	7
Иные виды происшествий	5	7	4	18	10	9

Основной причиной столкновения транспортных средств является недостаточный уровень подготовки и недисциплинированность водителей ТС, а причиной наездов ТС на пешеходов является их собственная неосторожность и сознательное нарушение ими Правил дорожного движения Республики Казахстан (ПДД РК).

Одними из наиболее распространенных причин ДТП являются такие виды нарушения Правил дорожного движения Республики Казахстан водителями ТС, как: превышение установленной скорости движения (17 %), нарушение правил маневрирования (16 %), управление ТС в состоянии алкогольного опьянения (16 %) и нарушение правил проезда пешеходных переходов (15 %).

Распределение ДТП по стажу водителей ТС позволило установить, что значительная часть ДТП совершается водителями ТС, имеющими стаж управления ТС от 1 до 3, от 3 до 5 лет и от 5 до 10 лет (табл. 4).

Таблица 4

Распределение ДТП по стажу водителей ТС

Стаж управления ТС	Год					В среднем за 5 лет
	2006	2007	2008	2009	2010	
до 1 года		2			2	1
от 1 до 3 лет	46	54	56	51	40	49
от 3 до 5 лет	54	62	61	66	42	57
от 5 до 10 лет	56	70	48	50	52	55
от 10 до 15 лет	40	46	37	35	29	37
от 15 до 20 лет	20	9	8	16	7	12
от 20 до 25 лет	13	29	31	21	25	24
от 25 до 30 лет	6	5	8	10	8	7
от 30 до 35 лет	8	2	3	6	9	6
от 35 до 40 лет	2	2	2	1	1	2
от 40 до 45 лет		2	1	2	4	2
от 45 до 51 года		1	2	1	2	1
Итого:	245	282	257	259	219	252

Основную часть ДТП совершают водители ТС в возрасте от 21 до 25 лет (табл. 5). Это объясняется тем, что именно они относятся к так называемой категории «опасных» водителей ТС. На основе комплексных исследований установлена зависимость ДТП от воз-

раста водителей ТС, согласно которой они распределяются следующим образом: опасные водители - в возрасте от 21 до 25 лет, водители средней опасности - от 26 до 35 лет; менее опасные водители - от 41 до 55 лет и относительно «безопасные» водители - в возрасте от 61 до 70 лет [3]. Все это, в свою очередь, свидетельствует о недостаточном уровне подготовки водителей ТС, включая и практические навыки управления ТС.

Существенные проблемы в плане безопасности дорожного движения возникают также в связи с желанием огромного количества людей стать водителями транспортных средств. Однако отсутствие развитой материально-технической базы и квалифицированных преподавателей не обеспечивает формирование у будущих водителей транспортных средств необходимых навыков и знаний в процессе обучения в соответствующих учебных заведениях.

Таблица 5

Распределение ДТП по возрасту водителей ТС

Возраст водителя ТС	Год					В среднем за 5 лет
	2006	2007	2008	2009	2010	
от 18 до 20 лет	21	26	20	20	14	20
от 21 до 25 лет	45	50	68	61	44	54
от 26 до 30 лет	34	43	35	39	33	37
от 31 до 35 лет	37	37	28	29	28	32
от 36 до 40 лет	29	33	29	29	24	29
от 41 до 45 лет	28	31	17	21	16	23
от 46 до 50 лет	16	28	21	20	22	21
от 51 до 55 лет	13	11	15	16	9	13
от 56 до 60 лет	12	9	11	9	12	11
от 61 до 65 лет	2	2	2	3	3	2
от 66 до 70 лет	3		4		9	3
Итого:	240	270	250	247	214	244

Например, за период 2006-2010 гг. из всех курсантов, которые прошли обучение в учебных заведениях по подготовке водителей ТС города Усть-Каменогорска, квалификационные экзамены в органах дорожной полиции с первого раза сдали только 79,3 %. Анализ деятельности учебных заведений по подготовке водителей ТС в городе Усть-Каменогорске за этот период позволил установить, что основная доля водителей ТС прошла обучение в организациях с частной формой собственности, в которых отмечается более высокий процент сдачи экзамена с первого раза. Вместе с тем с каждым годом ухудшается уровень подготовки водителей ТС (табл. 6).

Количество лиц, обучающихся в соответствующих учебных заведениях, также постепенно снижается. Например, если в 2006 году учебные заведения с частной формой собственности подготовили 14 196 чел., то в 2010 году – уже 11 808 чел.

Одним из основных факторов повышения надежности водителя ТС является оценка психофизиологических качеств водителя ТС, правильное привитие навыков управления ТС. Поэтому возросшие требования к надежности водителя ТС вызывают необходимость проведения комплекса профилактических мероприятий.

Среди таких мероприятий немаловажное значение имеют: рациональное построение процесса обучения с учетом психофизиологического состояния водителей ТС, их возможностей; использование различных автомобильных тренажеров и стендов с целью обучения и проверки усвоения тех или иных навыков; разработка и совершенствование методик подготовки водителей транспортных средств. Поэтому в этих целях необходимо выполнить комплексную оценку деятельности учебных заведений по подготовке водителей ТС. Нами был использован метод экспертных оценок, сущность которого заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов [4, 5].

Таблица 6

*Качество подготовки водителей транспортных средств в учебных заведениях
города Усть-Каменогорска*

Учебные организации	Год				
	2006	2007	2008	2009	2010
Министерство обороны РК	<u>1 528</u> 88,2 %	<u>1 230</u> 91 %	<u>1 004</u> 81,8 %	<u>1 392</u> 79,3 %	<u>1 343</u> 71,8 %
Министерство образования и науки РК	<u>4 133</u> 74,6 %	<u>4 600</u> 73,0 %	<u>4 311</u> 72,6 %	<u>4 011</u> 74,3 %	<u>3 643</u> 68,8 %
ОО «Отан»	<u>2 977</u> 76,7 %	<u>3 605</u> 76,4 %	<u>6 171</u> 73,2 %	<u>3 204</u> 70,8 %	<u>3 498</u> 71,0 %
ОО «СВТС РК»	<u>2 809</u> 81,4 %	<u>2 946</u> 82,5 %	<u>3 179</u> 69,9 %	<u>1 458</u> 81,3 %	<u>1 816</u> 68,2 %
Организации с частной формой собственности	<u>14 196</u> 89,3 %	<u>13 516</u> 91 %	<u>14 223</u> 81,4 %	<u>14 079</u> 83,5 %	<u>11 808</u> 76,8 %
Прочие организации	<u>2 221</u> 74,5 %	<u>1 755</u> 82,1 %	<u>1 820</u> 78,4 %	<u>1 965</u> 76,9 %	<u>1 979</u> 75,5 %
Самостоятельно всего	-	-	-	-	<u>113</u> 92,9 %

Примечание: в числителе указано общее число подготовленных лиц; в знаменателе - процент сдачи экзамена с первого раза

При этом процесс подготовки водителей ТС в соответствующих учебных заведениях нами был условно разделен на отдельные элементы (подпроцессы):

B1 – подпроцесс кадрового обеспечения;

B2 – подпроцесс практического вождения;

B3 – подпроцесс материально-технического обеспечения;

B4 – подпроцесс финансового обеспечения;

B5 – подпроцесс теоретического обучения;

B6 – подпроцесс учебно-методического обеспечения.

Задача экспертов состоит в том, чтобы проранжировать эти элементы (подпроцессы) по степени значимости по десятибалльной системе (максимальный балл – 10, минимальный балл – 1; при этом элементы (подпроцессы) не должны иметь одинаковый балл).

Во второй анкете нужно оценить компетентность экспертов (специалистов в области организации учебного процесса подготовки водителей транспортных средств) по десятибалльной системе (максимальный балл – 10, минимальный балл – 1).

В результате проведения опроса мы располагаем следующей информацией: оценки в баллах, проставленные экспертами по каждому варианту; взаимнооценки компетентности экспертов в баллах, причем, чем выше балл, тем выше ранг оценки и соответственно компетентность эксперта. Количество экспертов в группе в общем случае обозначим буквой m , а количество оцениваемых вариантов обозначим n . Варианты, подлежащие оцениванию, обозначим как B_1, B_2, \dots, B_n . Оценку в баллах i -м экспертом j -го варианта в общем случае будем обозначать X_{ij} , где i – номер эксперта, а j – номер варианта. Когда количество вариантов меньше десяти, то можно использовать привычную для нас десятибалльную систему. Перед экспертами можно заранее поставить условие, чтобы оценки были для каждого варианта уникальны, т.е. не повторялись.

Выполним оценку значимости вариантов для каждого вида по десятибалльной системе. Результаты приведены в табл. 7.

Таблица 7

Матрица значимости вариантов в десятибалльной системе

Номер эксперта	Подпроцессы						Сумма баллов
	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>B4</i>	<i>B5</i>	<i>B6</i>	
1	3	10	2	1	9	4	29
2	10	9	8	6	5	7	45
3	6	10	7	5	9	8	45
4	5	6	4	3	8	7	33
5	6	10	9	7	8	5	45
6	7	6	5	8	9	4	39
7	7	10	8	5	9	6	45
8	9	8	7	4	10	6	44

Чтобы учесть уровень компетентности эксперта, проводят их взаимную оценку, для чего каждому эксперту предлагается анкета с фамилиями экспертов, в которой он выставляет балл компетентности по каждому эксперту. Это можно реализовать путем их взаимной оценки. В табл. 8 приведены взаимные оценки компетентности экспертов, включая самого себя.

Таблица 8

Взаимная групповая оценка компетентности экспертов

Номер эксперта	Номер оцениваемого эксперта							
	1	2	3	4	5	6	7	8

1	10	10	10	9	10	9	10	9
2	9	10	10	7	9	9	9	9
3	8	10	10	8	10	5	10	10
4	6	8	7	7	8	7	9	9
5	5	10	8	7	10	7	8	9
6	8	10	10	9	10	9	10	9
7	7	1	9	1	9	4	10	5
8	8	8	9	9	7	6	7	9
Среднее арифметическое	7,625	8,375	9,125	7,125	9,125	7	9,125	8,625

По данным таблицы мы видим, что наиболее компетентными являются третий, пятый и седьмой эксперты, затем - восьмой, второй, первый, четвёртый и шестой.

В задачи статистической обработки входит:

- вычисление средних оценок компетентности экспертов K_i ;
- проверка согласованности оценок экспертов;
- вычисление коллективной оценки варианта («веса») без учета компетентности экспертов;
- вычисление коллективной оценки («веса») варианта с учетом компетентности экспертов.

Групповая экспертная оценка может считаться достоверной, если ответы экспертов согласованы. Существуют два способа проверки согласованности: с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена; коэффициента конкордации Кендэлла.

Значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена находится в диапазоне $-1 < \rho < +1$.

Прежде чем приступать к его вычислению, необходимо таблицу балльных оценок (табл. 7) перевести в ранги. При переводе следуют правилу - присваивать максимальной оценке в баллах в строке оценок каждого эксперта максимальный ранг. Чем выше ранг, тем ниже его численное значение. Значит самый максимальный ранг это 1, затем следует 2, 3, 4 и т.д. В общем виде таблица рангов будет иметь следующий вид (табл. 9).

Таблица 9

Распределение рангов

Номер эксперта	Подпроцессы						Сумма рангов
	$B1$	$B2$	$B3$	$B4$	$B5$	$B6$	
1	4	1	5	6	2	3	21
2	1	2	3	5	6	4	21
3	5	1	4	6	2	3	21
4	4	3	5	6	1	2	21
5	5	1	2	4	3	6	21
6	3	4	5	2	1	6	21
7	4	1	3	6	2	5	21
8	2	3	4	6	1	5	21

Переводим оценки, выданные в баллах, в ранги, при этом ранг 1 присваивается варианту, получившему наибольший балл.

1. Вычисляем квадраты отклонений в ранговых оценках первого и второго экспертов по всем оцениваемым вариантам

$$d_j = (Z_{1j} - Z_{2j})^2, \quad (1)$$

где Z_{ij} - ранг оценки i -м экспертом j -го варианта.

2. Находим сумму квадратов отклонений

$$S_{\text{выб}} = \sum d_j^2 = \sum_{j=1}^n (Z_{1j} - Z_{2j})^2. \quad (2)$$

Проведем проверку согласованности показаний двух экспертов с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Проверку согласованности покажем на примере показаний первых двух экспертов.

Вычисляем сумму квадратов отклонений ранговых оценок 1-го и 2-го экспертов.

$$S_{\text{выб}1,2} = \sum_{j=1}^6 (Z_{1j} - Z_{2j})^2 = (4-1)^2 + (1-2)^2 + (5-3)^2 + (6-5)^2 + (2-6)^2 + (3-4)^2 = 32.$$

3. Значение коэффициента корреляции Спирмена, который вычисляется по опытным данным, находится по формуле

$$\rho = 1 - \frac{S_{\text{выб}}}{S_{\text{мак}}} = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^n (Z_{1j} - Z_{2j})^2}{(n^3 - n)}, \quad (3)$$

где n - число вариантов; $S_{\text{выб}}$ - фактическая сумма квадратов; $S_{\text{мак}}$ - максимально возможное значение суммы квадратов отклонений.

Максимально возможное отклонение в оценках двух экспертов было бы в том случае, если ранги у двух экспертов были бы взаимно противоположны (например, у одного эксперта они нарастают, а у другого эксперта они убывают).

Вычисляем опытное (выборочное) значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена

$$\rho_{\text{выб}1,2} = 1 - 6 \cdot S_{\text{факт}} / (n^3 - n) = 1 - 6 \cdot 32 / 210 = 0,09.$$

В таком же порядке попарно сравнивается согласованность показаний двух экспертов: первого со вторым, первого с третьим, первого с четвертым, пятым и шестым, затем, второго с третьим и второго с четвертым и т.д. Вычисленные значения коэффициентов корреляции Спирмена согласованности оценок всех экспертов приведены в табл. 10.

Таблица 10

Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена

Номер эксперта	Номер эксперта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0,09	0,94	0,83	0,31	-0,03	0,77	0,6
2	0,09	1	-0,03	-0,26	0,09	-0,43	0,2	0,14
3	0,94	-0,03	1	0,77	0,49	-0,14	0,83	0,49
4	0,83	-0,26	0,77	1	-0,09	0,03	0,49	0,6

5	0,31	0,09	0,49	-0,09	1	0,14	0,77	0,26
6	-0,03	-0,43	-0,14	0,03	0,14	1	0,09	0,43
7	0,77	0,2	0,83	0,49	0,77	0,09	1	0,71
8	0,6	0,14	0,49	0,6	0,26	0,43	0,71	1

Для окончательного подведения итогов экспертизы необходимо вычислить коллективное мнение экспертов с учетом их компетентности или без учета.

Коллективное мнение экспертов без учета компетентности вычисляется по формуле

$$A_1 = \frac{\sum_{i=1}^m (X_j)_i}{m}. \quad (4)$$

Определяем коллективное мнение или «вес» вариантов без учёта компетентности экспертов по формуле 4. При этом в числителе (4) суммируются не абсолютные оценки в баллах из табл. 7, а относительные оценки, которые находятся путем деления десятибалльной абсолютной оценки табл. 7 на сумму всех оценок в соответствующей строке данной таблицы.

В качестве примера покажем процедуру вычисления «веса» первого варианта

$$A_1 = \frac{3/29 + 10/45 + 6/45 + 5/33 + 6/45 + 7/39 + 7/45 + 9/44}{8} = 0,16.$$

Аналогично вычисляются относительные «веса» остальных вариантов.

Коллективное мнение экспертов или «вес» j -го варианта, вычисленный с учетом компетентности экспертов, определяется по формуле

$$A_2 = \frac{\sum_{i=1}^m K_i (X_j)_i}{\sum_{i=1}^m K_i}. \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{7,625 \frac{3}{29} + 8,375 \frac{10}{45} + 9,125 \frac{6}{45} + 7,125 \frac{5}{33} + 9,125 \frac{6}{45} + 7 \frac{7}{39} + 9,125 \frac{7}{45} + 8,625 \frac{9}{44}}{7,625 + 8,375 + 9,125 + 7,125 + 9,125 + 7 + 9,125 + 8,625} = 0,16.$$

Остальные результаты расчета оценки значимости подпроцессов приведены в табл. 11.

Таблица 11

Относительные оценки значимости подпроцессов

Номер эксперта	«Вес» эксперта	Подпроцессы					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	7,625	3/29	10/29	2/29	1/29	9/29	4/29
2	8,375	10/45	9/45	8/45	6/45	5/45	7/45
3	9,125	6/45	10/45	7/45	5/45	9/45	8/45
4	7,125	5/33	6/33	4/33	3/33	8/33	7/33
5	9,125	6/45	10/45	9/45	7/45	8/45	5/45
6	7	7/39	6/39	5/39	8/39	9/39	4/39
7	9,125	7/45	10/45	8/45	5/45	9/45	6/45
8	8,625	9/44	8/44	7/44	4/44	10/44	6/44

«Вес» j-го варианта без учёта компетентности		0,1604	0,2161	0,1485	0,1165	0,2125	0,145
«Вес» j-го варианта с учётом компетентности		0,1603	0,2166	0,1515	0,1164	0,2097	0,145
Ранжированный ряд		3	1	4	6	2	5

Как видно из табл. 11 учет компетентности экспертов обусловил некоторое перераспределение «весов» отдельных подпроцессов.

Результаты экспертизы показывают, что первый ранг присвоен подпроцессу практического вождения, второй ранг – подпроцессу теоретического обучения, затем – подпроцессу кадрового обеспечения и т.д.

Сложившаяся ситуация требует принятия неотложных мер по коренному улучшению всей системы подготовки водителей ТС.

Во-первых, в целях повышения качества практического управления ТС необходимо совершенствование материально-технической базы, оснащение образовательных учреждений автоматизированными автодромами, закрытыми площадками для обучения вождению, формирование учебных маршрутов с учетом коэффициента сложности, а также оснащение учебных заведений современными автомобильными тренажерами, компьютерными классами и другими техническими средствами обучения с учетом приоритетов в развитии конструкции автомобилей, организации дорожного движения и международного опыта.

В настоящее время обеспеченность современными учебниками и учебными пособиями находится на низком уровне. Отсутствует в достаточном объеме литература, учебные плакаты по устройству и эксплуатации современных отечественных и иностранных автомобилей, не обновляются учебники по подготовке водителей транспортных средств различных категорий.

С целью повышения эффективности теоретического обучения необходимо совершенствовать существующие учебные планы и программы по подготовке водителей ТС, широко внедрять новые мультимедийные программы, обеспечить разработку комплекса методических и информационных материалов, позволяющих осуществлять индивидуальную подготовку на основе ситуационного подхода к изучению Правил дорожного движения Республики Казахстан, практической отработки навыков безопасного управления транспортным средством. При этом следует констатировать, что до сих пор фактически отсутствует нормативное правовое регулирование в области ответственности образовательных учреждений за качество подготовки водителей ТС.

На практике недостаточное внимание уделяется вопросам кадрового обеспечения образовательного процесса профессиональной подготовки, квалификации педагогических работников. До настоящего времени не отрегулированы вопросы переподготовки и повышения квалификации преподавателей и мастеров производственного обучения, поскольку многие из них не имеют специальной педагогической подготовки.

Реализация комплекса предлагаемых мероприятий будет способствовать дальнейшему повышению эффективности системы подготовки водителей транспортных средств в соответствующих учебных заведениях Республики Казахстан.

Список литературы

1. <http://www.zholpolice.kz/>
2. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
3. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: Закономерности и тенденции. – М.: Транспорт, 1984. – 80 с.
4. Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. – М.: Знание, 1975. – 321 с.
5. Корнев В.А. Современные методы моделирования процессов принятия решений в системах управления / В.А. Корнев, А.А. Макенов. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. С. Аманжолова, 2008. – 148 с.

Получено 16.11.11

УДК 006.015

С.Ф. Колосова, А.О. Пименова

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА**

Качество стало всеобщей категорией. Качество представляет успех не только отдельно взятой фирмы, но и промышленности, всей инфраструктуры, здравоохранения, образования, государственного аппарата в целом. Оно представляет собой национальное достояние, которое определяет качество образа жизни и, как следствие, будущее страны.

Как свидетельствуют факты, большинство потребителей предпочитают цене качество продукции или оказываемых услуг. Также установлено, что менее 70 % несоответствий на качество продукции связано с управлением всего производства в целом. Помимо этого поддержание уровня качества продукции связано с созданием новых товаров, постоянной модификацией продукции, возможностью получения государственных заказов, кредитования, инвестиций и предоставления льгот [1].

Для обеспечения качества продукции и предоставляемых услуг применяют методы оптимизации параметров объектов стандартизации.

Параметры объектов стандартизации (ПОС) – это величины, количественно характеризующие свойства объекта: физические, химические, технические, эргономические, эстетические и др. В методических и нормативно-технических документах, в чертежах и технических описаниях при помощи параметров выражают количественные требования, формируют показатели качества продукции. Оптимизация ПОС заключается в установлении таких значений этих параметров и такого их изменения во времени, при которых достигается максимально возможная в определенных условиях эффективность. Значения ПОС, которым соответствует максимально возможная эффективность, называют оптимальными [2].

Для удовлетворения указанных требований к результатам применяют количественные методы оптимизации параметров объектов, которые базируются на теории и практике проектирования и разработки продукции, на методах исследования операций, теории сложных систем, теории принятия решений методов моделирования.

Возросшие темпы научно-технического прогресса, углубление специализации и кооперирования производства требуют внедрения более совершенных количественных методов

оптимизации. Для оптимизации параметров объектов стандартизации необходимо качественно оценивать:

- параметры объекта;
- эффект от производства и эксплуатации объекта;
- затраты на разработку, производство и эксплуатацию объекта.

При поиске оптимальных решений для управления потребительскими свойствами пищевых продуктов необходимо, чтобы математическая модель изучаемого процесса в явном виде отражала зависимость выбранного критерия оптимальности от параметров и факторов, характеризующих данный процесс.

Для определения всех факторов, влияющих на формирование потребительских свойств и способствующих их сохранению, составляют параметрическую схему изучаемого процесса. Параметрическая схема характеризует взаимосвязь параметров и показателей, определяющих вход, состояние и выход процесса. При этом совсем необязательно иметь сведения о механизме процессов, протекающих в системе и их взаимосвязи [3].

Таким образом, целью настоящей работы является разработка параметрической модели оптимизации производства хлебобулочных изделий, которые будут соответствовать количественным и качественным нормам и требованиям.

Все необходимые факторы и параметры условно разделяются на возмущающие, наблюдаемые, управляемые и управляющие. Все параметры по направленности действия следует разбить на две группы: входные – управляющие и возмущающие; выходные – управляемые и наблюдаемые (рис. 1).

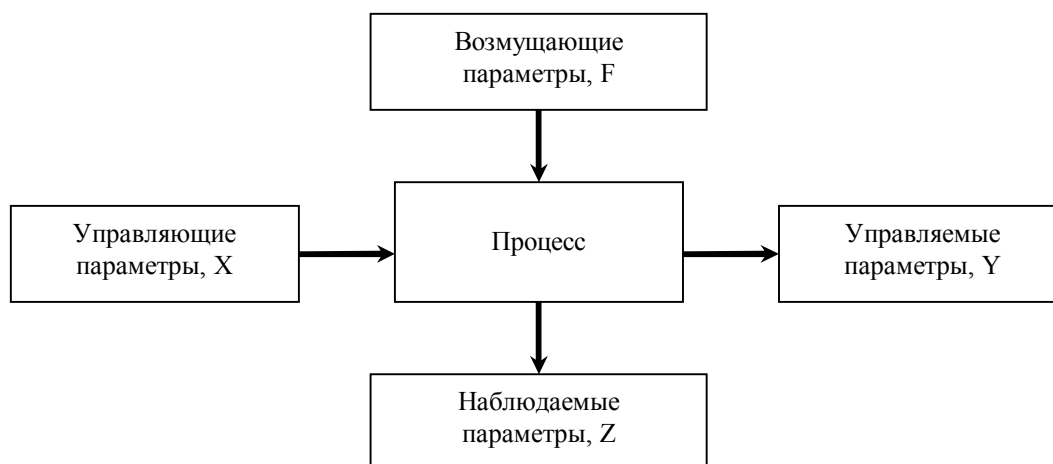


Рисунок 1 - Параметрическая схема абстрактного процесса, формирующего или способствующего сохранению потребительских свойств продукции

Управляющие процессы – это параметры, которые непосредственно влияют на процесс. Их можно измерять и целенаправленно изменять, то есть с их помощью можно управлять процессом [3]. В качестве управляющих параметров принимаем: рецептуру приготовления хлеба; технологию приготовления заквасок, опары и замеса теста; температуру отдельных компонентов, входящих в рецептуру; температуру расстойки, выпечки и охлаждения хлеба; продолжительность выпечки хлеба.

Возмущающие параметры представляют собой переменные, которые оказывают влияние на ход процесса, но их целенаправленно менять невозможно. В качестве возмущающих параметров принимаем: параметры внешней среды; качество и состав сырья; условия хранения и подготовки сырья; технологические отклонения (неисправность оборудования, производительность машин и т.д.).

К управляемым параметрам относятся переменные, изменение которых показывает эффективность функционирования процесса. К ним относятся: полезность хлеба; время производства единицы продукции; экономическая эффективность; физико-химические показатели; вкусовые особенности.

Наблюдаемые параметры косвенно связаны с характером процесса и отражают состояние объекта в целом. Это - водопоглотительная способность и «сила» муки; выход теста и хлеба; количество теплоты, затраченное на выпечку хлеба; удельная интенсивность замеса; электрическая проводимость теста; температура теста, количество отдельных компонентов рецептуры.

С учетом всех вышеперечисленных параметров составляем параметрическую схему технологического процесса производства хлеба (рис. 2).



Рисунок 2 - Параметрическая схема технологического процесса производства хлеба

Данная схема позволяет установить взаимосвязь между переменными, которые в количественном отношении характеризуют математическую модель процесса производства хлеба.

В дальнейшем при получении экспериментальных данных, используя методы экспертных оценок, дисперсионного и регрессионного анализа мы можем оценить значимость выбранных факторов, их влияние на технологический процесс, причину несоответствия выпускаемой продукции установленным требованиям и т.д.

Важным требованием к результатам оптимизации является своевременность их получения. Чем раньше относительно некоторого характерного времени жизненного цикла продукции производится его оптимизация с данной точностью, детализацией и полнотой, тем больше может быть пользы от оптимизации, так как ее результаты могут использоваться на более ранних стадиях разработки продукции.

Список литературы

1. Мутанов Г. Основы стандартизации, метрологии и сертификации. Менеджмент качества / Г. Мутанов, Р. Умырзаг. – Астана: Фолиант, 2003. – 170 с.
2. Никифоров А.Д. Метрология, стандартизация и сертификация / А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев. – М.: Высшая школа, 2005. – 422 с.
3. Дерканосова Н.М. Моделирование и оптимизация технологических процессов производства хлеба, кондитерских и макаронных изделий / Н.М. Дерканосова, А.А. Журавлев. – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2010. – 161 с.

Получено 2.12.11

УДК 62.192.001.24

Н.М. Лозовой

БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗМЕНЯЕМОЙ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ СМЕСИТЕЛЬНО-ПОМОЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Современные требования рынка к постоянному повышению качества продукции отраслей промышленности строительных материалов во многом зависят от свойств исходного сырья. Поэтому аппарат – смеситель, способный качественно смешивать и гомогенизировать порошки из исходных компонентов, отличающихся друг от друга по размеру частиц (от долей микрона до 5 мм) и плотности (от 0,5 до 4,0 г/см³), является основным агрегатом технологического цикла производства сухих смесей и их составляющих. Практика показала, что для получения многокомпонентных смесей наиболее целесообразно использовать аппараты с вертикальными внутренними перемешивающими устройствами.

Работа устройства осуществляется следующим образом: цапфа, закрепленная с эксцентриситетом в верхней части камеры, приводится во вращательное движение приводом, в результате чего камера деформируется. Если к цапфе крепятся лопатки, то устройство будет работать в режиме смесителя после заполнения его камеры материалом. А если в камеру поместить еще и мелющие тела (шары), и материал, то устройство работает в режиме мельницы сверхтонкого помола, в которой реализуются только раздавливающие и истирающие воздействия.

В разработанном смесительно-помольном устройстве многоцелевого назначения периодического действия можно организовать достаточно широкий диапазон силового воздействия на частицы и управлять механизмом их перемещения (изменяя степень деформирования камеры и эксцентриситет).

В смесительно-помольном устройстве с изменяемой рабочей камерой наиболее слабый элемент конструкции – камера, изготовленная из износостойкой кордированной резины.

Взаимодействие смешиваемого материала и внутренней поверхности ее рабочей камеры можно рассматривать как работу пар трения. Отказы при работе устройства могут наступить из-за износа поверхности рабочей камеры до предельного состояния как в опасном сечении, так и по всей внутренней поверхности.

Трение и износ в данной системе зависят от следующих факторов: состояния контактирующих поверхностей, нагрузки, характера взаимных перемещений смеси компонентов, допустимых пределов износа. Причем, основными факторами являются: давление сопряженных поверхностей и скорость перемещения материала относительно внутренней поверхности помольной камеры и относительно друг друга. На распределение давления оказывает влияние характер нагрузки, зависящей от скорости скольжения трущихся поверхностей. При деформировании рабочей камеры происходит неравномерное распределение давления, которое компенсируется неодинаковостью окружных скоростей в различных точках контакта всех элементов рабочей среды и корпуса.

Анализ взаимных перемещений показал, что в рассматриваемой системе их характер – трение скольжения, т.к. разность размеров частиц смешиваемых компонентов не так велика. В системе происходят три типа изнашивания: абразивное, усталостное, износ при заедании, который определяется одновременным механическим и молекулярным взаимодействием контактирующих поверхностей. При усталостном изнашивании [1] трение поверхностей обуславливает скольжение дислокаций на некотором расстоянии от поверхности. Большое скопление дислокаций приводит к зарождению микропустот, которые коагцилируют либо путем роста, либо путем сдвига материала, что приводит к образованию трещин, расположенных параллельно поверхности истирания. При этом, когда трещины достигают критической длины, материал камеры отслаивается.

Для расчета времени работы рабочей камеры до наступления предельного состояния (до достижения износа z_d) необходимо определить путь трения

$$L_o = z_o / J, \quad (1)$$

где J – интенсивность изнашивания [2].

При определении интенсивности изнашивания номинальное контактное давление должно определяться с учетом того, что износ корпуса происходит за счет внедрения частиц измельчаемого материала. Необходимо учитывать условие, при котором происходит смешивание частиц без микрорезания ими рабочей камеры и лопаток [3], но здесь нужно учитывать, что данное устройство может работать как мельница сверхтонкого помола, если в камеру поместить мелющие тела, поэтому нужно еще учитывать и этот вариант работы устройства:

$$\frac{h}{r} = \frac{[\sigma]}{2H} \leq 0,5, \quad (2)$$

где r – радиус частицы; h/r – относительное внедрение частицы в материал лопаток, при котором произойдет ее разрушение; H – твердость лопаток; σ – предел прочности смешиваемого материала.

Как было уже отмечено, механизм взаимодействия частиц с мелющими телами и стенками рабочей камеры можно рассматривать как работу пары трения качения: частица воспринимает раздавливающе-истирающие воздействия. Величина, оценивающая раздавливающие воздействия, определяются:

$$P_p = \sum_{i=n_{\Delta t}} p_i, \quad (3)$$

где P_p – суммарное давление, необходимое для раздавливания одновременно взаимодействующих с поверхностями сопряжения частиц; $n_{\Delta t}$ – число частиц, одновременно взаимодействующих с материалом поверхностей сопряжения; p_i – нагрузка, разрушающая измельчаемую частицу с условным объемным радиусом R_i , являющаяся суммарной нагрузкой сил, действующих в системе.

Нагрузку p_i определим механической прочностью частицы

$$p_i = \sigma \pi R_i^2, \quad (4)$$

где σ – условное напряжение сжатия частицы (разрушающая нагрузка), деленное на площадь ее максимального сечения, МПа [3]).

Для осуществления процесса помола необходимо, чтобы нагрузка на единицу контакта P_a была больше суммы механической прочности частиц

$$P_a > \sum_{i=n_{\Delta t}} p_i. \quad (5)$$

Для определения наибольшего значения P_a необходимо подсчитать максимальное количество частиц, одновременно взаимодействующих с мелющими телами – при 100 % заполнении межшарового пространства материалом

$$(n_{\Delta t})_{\max} = n_3, \quad (6)$$

где n_3 – зазор, в который попало максимальное количество частиц.

Число частиц в занимаемом объеме V_3 равно

$$n_3 = \frac{15 D_{\max}^{3/2} \varepsilon}{\pi d^3} \sqrt{\frac{2 R_1 R_2}{R_1 + R_2}}. \quad (7)$$

Максимальная воспринимаемая измельчаемыми частицами нагрузка для данного случая $(n_{\Delta t})_{\max} = n_3$

$$\sum_{i=1}^{i=n_3} p_i = n_3 \sigma \frac{\pi \bar{d}^2}{4}. \quad (8)$$

С учетом (7)

$$\sum_{i=1}^{i=n_3} p_i = \frac{15 D_{\max} \varepsilon \sigma \sqrt{R_{cp}}}{4 \bar{d}}. \quad (9)$$

Произведя оценку формулы (9) при $\sigma = 30 \text{ кг/мм}^2$; $D_{\max} = 4 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,05$; $\bar{d} = 0,7 \text{ мм}$;

$R_{cp} = 12 \text{ мм}$ по [3], получим $\sum_{i=1}^{i=n_3} p_i \approx 115 \text{ кг/мм}$.

Для упрощения дальнейших расчетов будем считать, что путь трения зависит только от количества мелющих тел, вступающих в контакт с внутренней поверхностью корпуса. В каждый момент времени в контакт с корпусом входит одинаковое их количество; скорость перемещения шаров принимаем максимальной – скоростью в переносном движении [4]

$$\vartheta_{\tau} = \frac{1}{\omega_0} \int_0^{2\pi} a_{\tau} d\varphi = 2\pi f_{\tau} \omega_0 \left(1 - \frac{x}{L}\right) (d_e + d_r), \quad (10)$$

где $a_{\tau} = f_{\tau} \omega_0^2 (d_e + d_r) \left(1 - \frac{x}{L}\right)$; f_e - коэффициент трения между стенками рабочей камеры и мелющими телами; l - длина рабочей камеры; R - максимальный радиус рабочей камеры; r - минимальный радиус рабочей камеры; ω - частота вращения мелющих тел.

Количество мелющих тел в сечении камеры

$$I_{\text{кол}} = \frac{\pi(2R - d_{\text{ш}})}{d_{\text{ш}}}. \quad (11)$$

Путь изнашивания определится как $L_{\text{д}} = \vartheta_{\tau} t I_{\text{кол}} l$, откуда время работы рабочей камеры до наступления предельного состояния (до достижения износа $z_{\text{д}}$) определяется

$$t = \frac{L_{\text{д}}}{\vartheta_{\tau} I_{\text{кол}} l} = \frac{z_{\text{д}}}{J \vartheta_{\tau} I_{\text{кол}} l}. \quad (12)$$

Таким образом, было получено выражение для определения времени наступления предельного состояния в зависимости от конструктивных и технологических параметров смесительно-помольного устройства с изменяемой рабочей камерой периодического действия.

Список литературы

1. Буше Н.Е. К вопросу о процессах, происходящих на поверхности трения // О природе трения твердых тел. - Минск: Наука и техника, 1971. - С. 75-77.
2. Хазов Б.Ф. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования / Б.Ф. Хазов, В.А. Дидусев. - М.: Машиностроение, 1986. - 224 с.
3. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. - М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.
4. Лозовой Н.М. Моделирование движения загрузки в смесительных устройствах с изменяемыми рабочими камерами / Н.М. Лозовой, В.А. Уваров, С.Ю. Лозовая // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., 5-8 окт. 2010 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. - Белгород: Изд-во ВГТУ, 2010. - Ч.3. - С. 153-158.

Получено 9.12.11

УДК 656.091

А.А. Макенов, А.Н. Койчубаева

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ИЗУЧЕНИЕ СКЛОННОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ К РИСКУ

Первые годы третьего тысячелетия характеризуются неуклонным ростом автомобильных перевозок. В настоящее время автомобильный транспорт обеспечивает большой объем перевозок во всех сферах человеческой деятельности. Автомобильные перевозки стали неотъемлемым звеном транспортного процесса практически всех других видов транспор-

та, так как подвоз грузов и пассажиров к железнодорожным станциям, водным и воздушным портам выполняется главным образом на автомобилях.

В современных условиях растет мировой парк транспортных средств (ТС). В 1990 году во всем мире было 550 млн автомобилей, в 2000 году численность парка составила 700 млн единиц, а к 2010 году по оценкам специалистов возрастет до 1 млрд единиц [1]. Следует отметить, что и ежегодно парк автотранспортных средств Республики Казахстан значительно увеличивается. По данным Комитета дорожной полиции Министерства внутренних дел Республики Казахстан (МВД РК) за период с 2006 по 2010 г. парк автотранспортных средств вырос более чем на 2 млн единиц. По итогам 2010 года число автотранспортных средств в Республике Казахстан достигло 3 931 323 ед. Согласно прогнозу Комитета дорожной полиции МВД РК в 2012 году число автомобилей на казахстанских дорогах возрастет до 4,5 млн ед. Рост происходит, главным образом, за счет увеличения количества легковых автомобилей. Заметный рост численности транспортных средств особенно отчетливо наблюдается в крупных городах и областях республики. Например, в Восточно-Казахстанской области на 1 января 2010 года было зарегистрировано 316 714 автотранспортных средств, тогда как на 1 января 2006 года - всего 262 069 единиц (табл. 1).

Вместе с тем рост численности ТС наряду с безусловно положительным влиянием на экономику и социальное развитие государств несет в себе и отрицательные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий (ДТП), погибших и раненых.

Например, в Республике Казахстан в 2009 году произошло 12 534 ДТП (что на 8,8 % меньше, чем в 2008 году), в результате которых погибли 2 898 (-13,5 %) человек, а 14 788 (-9,8 %) человек получили ранения [2]. За 2010 год на дорогах нашей страны зарегистрировано 12 008 (-4,2 %) ДТП, в которых 2 798 (-3,5 %) человек погибли и 13 878 (-6,2 %) получили увечья.

Таблица 1

Данные о численности ТС в ВКО

Вид ТС	Год				
	2006	2007	2008	2009	2010
Мотоциклы	9681	10 027	10 033	9 818	9 449
Легковые автомобили	203 681	229 532	244 693	251 188	251 054
Грузовые автомобили	30 458	33 875	35 048	35 064	33 674
Автобусы	5 782	6 240	6 356	6 244	6 117
Прицепы	12 467	15 186	16 190	16 507	16 420
Итого:	262 069	294 860	312 320	318 821	316 714

При этом значительное число ДТП происходит по вине водителей ТС, поэтому необходимо совершенствовать систему подготовки водителей ТС. Способность водителей ТС предотвратить ДТП зависит от степени его подготовленности. Следовательно, совершенствование системы профессиональной подготовки водителей ТС (от первоначальной до достижения мастерства) в значительной мере способствует повышению безопасности до-

рожного движения.

В процессе подготовки водителей ТС осуществляется формирование комплекса знаний, умений, привычек и качеств, которые гарантируют надежную работу в процессе практического управления ТС [3].

Незнание водителем ТС правил безопасного управления автомобилем связано, скорее всего, с тем, что у него имеются определенные пробелы в знаниях Правил дорожного движения, устройства автомобиля и основ безопасности движения. Наконец, причиной неумения безопасно управлять автомобилем является недостаточное профессиональное мастерство водителя ТС, в частности неправильно сформированные навыки или потеря таковых.

Водитель ТС в процессе дорожного движения должен постоянно контролировать себя. Если он замечает, что регулярно становится виновником опасных ситуаций, ему следует либо пересмотреть свое поведение на дороге, либо отказаться от управления транспортным средством. Склонность к риску как один из показателей социально-психологической устойчивости в сочетании с мотивами деятельности оказывает решающее влияние на степень риска, принимаемого водителем ТС. Часто бывает, что «приемлемый» для водителя ТС уровень риска в дорожном движении может оказаться неадекватным его профессиональному мастерству и дорожно-транспортной ситуации.

В настоящее время существует множество методик исследования отношения человека к риску. Например, методики диагностики степени готовности к риску по Шуберту и Шмелеву.

Цель исследования методики диагностики степени готовности к риску по Шуберту состоит в определении степени готовности человека к рискованным решениям и действиям как в работе, так и повседневной жизни [4]. Обработка и интерпретация результатов тестирования заключается в подсчете суммы набранных баллов в соответствии с инструкцией. Общая оценка теста дается по непрерывной шкале как отклонение от среднего значения. Положительные ответы свидетельствуют о склонности к риску. Возможные значения результатов теста: от -50 до +50 баллов. Если результат меньше -30 баллов, то вы слишком осторожны; если он свыше +20 баллов - вы склонны к риску; если он составляет от -10 до +10 баллов, то ваша склонность к риску находится на среднем уровне.

Опросник А. Г. Шмелева состоит из 50 утверждений, на каждый из которых испытуемый должен ответить «Да», если с ним согласен, либо «Нет» [5]. Цель обработки результатов заключается в получении показателя величины склонности к риску как черты характера. Показатель подсчитывают по числу совпадений знаков ответов согласия-несогласия на утверждения шкалы склонности к риску. Если показатель склонности к риску составляет 30 и более единиц, то ее уровень является высоким, такого человека можно назвать рискующим при условии, что его ответы были достаточно искренними. Если показатель в границах от 11 до 29, то склонность к риску является средней, а если меньше, чем 11, то уровень риска низкий, такой человек не любит рисковать, и его можно назвать осмотрительным.

Нами была использована методика оценки склонности водителя ТС к риску, разработанная английским психиатром Робертом Персо [6]. На ее основе можно разработать рекомендации для лиц, которые желают получить удостоверение на право управления ТС. Эта методика позволяет выявить, склонен ли водитель ТС к риску и каким видом транспортного средства следует ему управлять. Существуют категории людей, которым не сле-

дует садиться за руль пассажирского либо грузового автомобиля, так как они могут подвергнуть опасности не только свою жизнь, но и жизни других людей. Анкета включает 10 вопросов, и в зависимости от количества ответов варианта «А» можно определить, склонен ли водитель ТС к риску.

Необходимое число респондентов нами было определено при помощи таблицы достаточно больших чисел. По величине вероятности $p = 0,95$ и при значении допустимой ошибки $\varepsilon = 0,05$ находим, что достаточно опросить 384 человека [7].

Нами при активном содействии и помощи руководства УДП ДВД ВКО и ОДП УВД города Усть-Каменогорска было опрошено 500 человек.

Обработка результатов анкеты Персо заключается в подсчете суммы набранных ответов варианта «А» в соответствии с инструкцией. При этом ответы варианта «А» свидетельствуют о склонности водителя ТС к риску. Если результат больше 8 баллов, то вы слишком осторожны; если он находится в пределах от 5 до 7 баллов, то рискованным водителем ТС вас не назовешь, хотя это зависит от вашего эмоционального состояния; если он составляет от 3 до 4 баллов, то ваша склонность к риску находится выше среднего уровня; если он находится в пределах от 0 до 2 баллов - вы склонны к риску.

Нами был проведен анализ полученных данных по инструкции Персо: от 0 до 2 баллов, от 3 до 4 баллов, от 5 до 7 баллов, 8 и более (табл. 2).

Таблица 2

Протокол обработки результатов

Количество баллов	Частота	Частость
0-2	16	0,032
3-4	139	0,278
5-7	301	0,602
8-10	44	0,088
Итого	500	1

В результате проведенного опроса было установлено, что около 60,2 % водителей ТС не предрасположены к риску, 27,8 % - имеют склонность к риску выше среднего и только 3,2 % - являются «рискованными» водителями ТС, а 8,8 % - слишком осторожными водителями ТС (рис. 1).

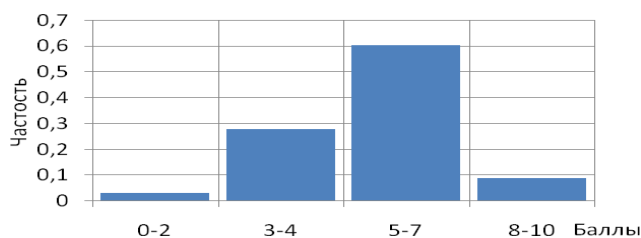


Рисунок 1 - Гистограмма распределения баллов

В результате проведенного анкетного опроса установлено, что около 31 % водителей

ТС имеют склонность к риску. Следовательно, можно сделать вывод о необходимости внедрения и использования профессионального психофизиологического отбора водителей ТС, чтобы исключить из процесса дорожного движения водителей ТС, которые имеют предрасположенность к риску.

Помимо определенного уровня здоровья водители ТС должны обладать целым рядом психологических и психофизиологических свойств и качеств. Поэтому необходим качественный психофизиологический отбор на всех этапах подготовки водителей ТС.

Существуют несколько основных методологических принципов профотбора водителей ТС, которые позволят выделить психологические, психофизиологические и физиологические свойства и качества, уровень которых влияет на пригодность к профессии водителя ТС [8].

Психофизиологический отбор не является одноразовым мероприятием. Он должен проводиться в три этапа. Первый этап осуществляется при поступлении в автошколу, то есть до процесса обучения. Задачей этого этапа является отстранение от обучения лиц, психологические особенности которых не соответствуют требованиям водительской деятельности. Второй этап проводится во время обучения, задачей которого является углубленное психофизиологическое обследование лиц, с большим трудом осваивающих практическое вождение и основы безопасности управления автомобилем. Целью обследования является установление связи между плохой успеваемостью и психофизиологическими особенностями обучаемого. Выявление такой связи может помочь в решении запроса о целесообразности дальнейшего обучения. Третий этап осуществляется в процессе профессиональной деятельности. На этом этапе проводится психологический отбор водителей ТС к различным видам профессиональной деятельности, психологическое обследование водителей ТС с аварийной направленностью, надежность которых вызывает большие сомнения [9].

Список литературы

1. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клиновштейн, М.В. Афанасьев: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
2. <http://www.zholpolice.kz/>
3. Романов А.Н. Автотранспортная психология: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во «Академия», 2002. – 224 с.
4. Рамендик Д.М. Общая психология и психологический практикум. – М.: ФОРУМ, 2009. – 304 с.
5. <http://www.yurpsy.fatal.ru/files/test/risk.htm>
6. Вы – опасный водитель? // Время. – 2005. – 27 октября. – 20 с.
7. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
8. Вайсман А.И. Гигиена труда водителей автомобилей. – М.: Медицина, 1988. – 192 с.
9. <http://medkip.ru/section.php?id=autopsi&rub=11&art=4>

Получено 30.11.11

УДК 621.9.075. 29

М.Р. Сихимбаев, К.Т. Шеров, О.П. Муравьев

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

С.Д. Қапаева

Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ, Өскемен қ.

ЭЛЕКТРЛІТҮЙІСУМЕН ӨНДЕУ ӘДІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МҮМКІНДІКТЕРІН КЕҢЕЙТУДІҢ ТИІМДІ БАҒЫТТАРЫ

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында машинажасау комплексін өркендету бойынша өте көп жұмыстар атқарылуда. Бұл Үкімет бағдарламасы мен Елбасының Жолдауында да айқындалған.

Заманауи машинажасау, авиациялық, электрондық, атомдық және тау-кен өндірістерінің техникаларын, машиналарын даярлау, энергетика, химия салаларын одан әрі дамытумен сипатталады. Соңғы жылдарда өндірістерде қолданылатын материалдар мен қорытпалардың түрлері елеулі өзгерді, яғни ерекше физикалық-химиялық қасиеттерге ие болған металдар мен олардың қорытпалары кең қолданыс табуда.

Мұндай материалдар мен қорытпаларды қарапайым кесу әдісімен өңдеу қиынға соғатындықтан арнайы өңдеу әдістерін, яғни электрлі-химиялық, химиялық-механикалық, анодты-механикалық, электрліұшқынды, электрліэрозиялық, ультрадыбысты және т.б. қолдану талап етіледі.

Қиын өңделетін материалдарды кесу бірнеше себептерге байланысты қиыншылық тудырады, олардың негізгілері:

- жоғары салыстырмалы беріктігі;
- жылуға тұрақтылығы;
- ауада, теңіз суында, органикалық және органикалық емес қышқылдардағы коррозиялық тұрақтылығы;
- аз жылуөткізгіштігі;
- микроқұрылымның өзгеруімен және қайтакристалдануымен байланысты болған кесу кезіндегі иілгіштік қасиетінің төмендеуі және қаттылығының өсуі.

Өнімділікті асыру және еңбексыйымдылықты төмендету мақсатында көбінесе электрлі-технологиялық әдістер кең қолданылады. Олардың ішінде өнімділігі ең жоғары болып саналатыны электрлітүйісумен (ЭТӨ) өңдеу әдісі. Бұл әдіс электрліэрозиялық өңдеудің бір түрі болып табылады. Оның ерекшелігі – энергия импульсі электродтардың орын ауысуы және сұйықты айдау арқылы разрядты бөлу жолымен генерацияланады. ЭТӨ тұрақты және айнымалы токпен ауада немесе сұйық ортада жүзеге асырылады. Әдістің негізгі артықшылықтары: қарапайымдылығы, жоғары өнімділігі, кез келген беріктілік пен қаттылыққа ие болған токөткізгіш материалдарды өңдеу мүмкіндігі. Кемшіліктері ретінде кесуші құралдың тез тозуы, жоғарғы қуатты талап етуі, беттің дәлдігі мен сапасының қанағаттанарлық емес екендіктерін айтуға болады. Осындай кемшіліктеріне байланысты ЭТӨ әдісі өндірісте кең қолданыс таппай отыр.

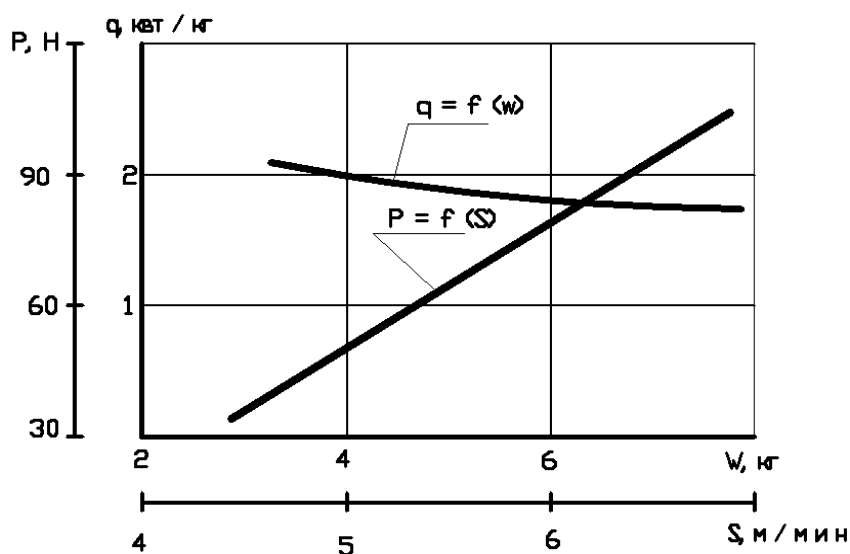
Қазіргі уақытта ЭТӨ процесінің физикасы толығымен зерттелмеген, сондықтан да алынған беттің сапасы қалай қалыптасатындығын түсіндіру өте қиынға соғады. Жылу физикасының мәселелері толықтай Л.А. Ушомирская, Л.Д. Казмина еңбектерінде қарастырылады, дегенмен алынған математикалық тәуелділік келесі тұжырымдамаларға ие:

- бір-бірінен кейін жүретін импульсті разрядтармен жаратылған жылу ағымы, g [Вт/м²] тығыздығымен цилиндрлік бетте тең деңгейде бөлінген;
- цилиндр негізінен бастап (электрод-құралдың бүйір бетінен) температурасы электрод-құралдың бастапқы температурасымен сәйкес келетін қоршаған су-ауа ортасымен еркін жылуалмасу жүзеге асырылады. Бұл болжамдардың нақты емес екендігі сөзсіз, өйткені ЭТӨ кезінде импульсті разрядтар бірқалыпсыз деңгейде бөлінген болады,

ал жылуалмасу еркін емес сипатқа ие. Бұл түйісу аумағындағы 5500°C құрайтын температурамен де дәлелденеді, яғни ЭКӨ кезінде иондар мен электродтары бар төменгі температуралы плазма жүзеге асады. Бұл Б.А. Артамоновтың және тағы басқалардың еңбектерінде де дәлелденеді [1], демек ЭКӨ-нің жылу теориясы басқа болуы тиіс деген тұжырым жасауға болады.

Егер де төменгі температуралық плазма туралы гипотезаны қабылдасақ, онда бұл өңдеу өнімдері неліктен таза элементтер – Fe, Ni және т.б. (өңдеу түріне тәуелді түрде) болатындығын түсіндіреді. Бұл өнімдер әртүрлі көлемдегі шығу тесігі бар толық жартылай бөлшек түрінде болады. Тесіктің болуы балқытылған металдың қайнауы нәтижесінде көпіршік пайда болуы және оның ішіндегі қысымның өсуі нәтижесінде ең әлсіз бөліктерінде газдардың жарылуының жүзеге асуымен түсіндіріледі.

ЭКӨ процесінің g энергиясыйымдылықтың W_3 өнімділікке және P_y кесу күші S берілісіне тәуелділігінің ғылыми зерттеу жұмыстарының нәтижелері 1-суретте берілген.



1-сурет – g энергиясыйымдылықтың W_3 өнімділікке және P_y кесу күші мен S беріліске тәуелділігі

Алынған нәтижелер [2] өнімділіктің жоғарылауымен энергиясыйымдылықтың төмендейтінін, ал күштердің жоғарылайтындығын көрсетті. Бұл да плазма туралы болжамды айғақтайды.

Сондай-ақ осы уақытқа дейінгі электрод-құралдың тозуы туралы зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша, егер де дайындама мен электрод-құралдың материалдары әртүрлі болса, онда құралдың тозуы 4 %-дан аспайды, ал химиялық құрамы жағынан жақын материалдардан болатын болса, тозу 20 %-дан асады деп тұжырым жасалады. Бұл тозу процесі физикасының қазірге дейін толық зерделенбегенін көрсетеді, өйткені ЭКӨ полярлылығының өзгеруі кезінде, қарапайым электрліэрозиялық өңдеудегі сияқты тозу сол күйінде қалады.

Бұл жағдай осыған дейін зерттелген мәселелер, яғни кесуші құралдың тозуы, өңдеу

процесінің дәлдігі, беттің сапасы, өнімділігі, энергияның салыстырмалы шығыны, температуралық тәуелділік және т.б. әртүрлі материалдарды өңдеу бойынша тиянақты ұсыныстар беруге негіз бола алмайды. Электрлітүйісумен өңдеу процесін зерттеуге арналған жұмыстарды келесі топтарға бөлуге болады:

- әртүрлі материалдарды өңдеу бойынша сынақтар жүргізуге арналған;
- өнімділікті арттыруға арналған;
- электрлітүйісумен өңдеудің әртүрлі процестерін салыстыруға арналған;
- әртүрлі материалдан жасалған және әртүрлі құрылымға ие электрод-құралдарды қолдануға арналған;
- электрлітүйісумен өңдеуден кейін беттің сапасын талдауға арналған;
- өңдеу процесінің физикасын зерттеуге арналған;
- электрлітүйісумен өңдеудің жалпы мәселелерін зерттеуге арналған.

Электрлітүйісу әдісімен өңдеу процесінде каналда іс жүзінде толығымен жоғары иондалған плазмадан тұратын электрлідоғалы разряд пайда болады. Электродтардың шартты түйісу бетінде саңылаудың 0,1-0,3 мм-ді құрайтындығы нәтижесінде температураның $>500^{\circ}\text{C}$ -қа жететіндігі Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінде өткізілген ғылыми тәжірибелермен расталды [2, 3]. Плазманың ерекшелігі болып, жоғары электр-өткізгіштік және иілімді деформацияның болуымен негізделетін, сыртқы электрлік және магниттік алаңдармен күшті өзара әсерде болатындығы саналады. Пайда болатын эрозия өнімдері өңдеу зонасынан иондық магниттік алаңдар мен гидродинамикалық күштердің әсерімен шығарып тасталады.

ЭТӨ-дің елеулі проблемаларының бірі ретінде қуат жоғарылаған сайын оған пропорционал түрде тегіссіздіктің артуы және тетіктің бетінде еріген қабаттың пайда болуын айтуға болады. Сондай-ақ ЭТӨ кезінде тереңдіктің өзгеруі де тегіссіздік шамасына әсер етеді. Кіші тереңдікпен өңдеу кезінде кедір-бұдырлықтың үлкеюін өңделетін бөлікте жылудың аса көп шоғырлануымен түсіндіруге болады.

Тетіктің бетінде кедір-бұдырлық пайда болуымен бірге жылудың шоғырлануы нәтижесінде термиялық өзгерген қабат та пайда болады [4].

ЭТӨ әдісімен өңделетін бұйымның сапасын асыру арнайы кесу құралдарын пайдалану арқылы мүмкін болады, өйткені құралдың айналмалы жылдамдығының артуынан өңделетін материал бетінің сапасы арта түседі, яғни термиялық әсерге тап болатын қабаттың тереңдігі және микротегіссіздіктердің биіктігі төмендейді.

Бұйымдарды ЭТӨ кезінде өңделетін беттің сапасын және өнімділікті арттырудың елеулі қоры өңдеу процесінің технологиялық параметрлері мен режимдерін оңтайландыру бойынша ғылыми негізделген ұсыныстарды жарату болып табылады [5].

Сонымен, ЭТӨ технологиясы мен қолданылатын жабдықтары бойынша қолайлы және қарапайым әдіс болып отыр. Сондай-ақ ЭТӨ өңдеу аймағында үлкен қуат жұмсап өнімділікті 400...450 кг/с дейін жоғарылатады және бұл механикалық өңдеумен салыстырғанда едәуір артық болып саналады. ЭТӨ әдісі үнемді, яғни мұнда электр энергиясының шығыны электрліұшқынды әдіспен салыстырғанда 6-10 есе, ал қарапайым механикалық өңдеумен салыстырғанда 1,5-2 есе төмен.

Қорытынды жасай келе ЭТӨ әдісін терең ғылыми зерттеу және оның технологиялық мүмкіндіктерін одан әрі кеңейту мақсатында келесі жұмыстарды орындау қажет:

- арнайы физикалық-механикалық қасиетке ие материалдарды ЭТӨ;
- ЭТӨ үшін арнайы құралдарды жарату;

- құралдың геометриялық өлшемдерінің сапа көрсеткіштеріне әсерін зерттеу;
- құрал-дайындама түйісу аймағында жүзеге асатын процестердің физикасын зерттеу.

Әдебиеттер тізімі

1. Артамонов Б.А. и др. Электрофизические и электромеханические методы обработки материалов. – М.: Высш. шк. – 247 с.
2. Швоев В.Ф. Особенности электроконтактной обработки в жидкой среде / Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2003. – № 2. – С. 7–8.
3. Швоев В.Ф. Исследование зависимости тангенциальных остаточных напряжений при электроконтактной обработке / В.Ф. Швоев, М.Р. Сихимбаев, О.П. Муравьев, Г.А. Байжабагинова / Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2004. – № 4. – С. 44–46.
4. Попилов Л.Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. – Изд-е 2-е, доп. и перераб. – Л.: Машиностроение, 1971. – 239 с.
5. Ушомирская Л.А. Оптимизация технологических параметров при электроконтактной обработке / Л.А. Ушомирская, В.Н. Курочкин, А.Г. Калинин, А.Э. Бенгард, В.Р. Кюбарсэп // Повышение качества изготовления изделий в машиностроении: Межвуз. сб. науч. трудов. – Л.: ЛПИ, 1990. – 106 с.

25.11.11 қабылданды

по страницам



ПОЛЕГЧЕ НА ПОВОРОТАХ

Сохранность многих перевозимых грузов связана с внешними воздействиями, например тряской, температурой и влажностью. Специалисты из подмосковного Королёва разработали миниатюрный (массой всего 250 г) прибор. Его укрепляют на контролируемом объекте для отслеживания перечисленных факторов.

Линейные ускорения до 8 g измеряются по трем осям, температура – в диапазоне от – 40 до +60 °С, а влажность – от 0 до 97 %. Интервал между опросами системы составляет 4 мс, а время автономной работы – 7 суток.

«Наука и жизнь» № 5, 2011