

Предлагаемая методика дает только общий вид зависимостей. Характер движения частиц древесной муки в магнитном поле и параметры установки по определению заряда частиц подлежат дальнейшему изучению.

Метод магнитной сепарации мелкодисперсных органических веществ может быть использован для разделения на фракции веществ, состав которых нельзя узнать другими известными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Физические основы электрической сепарации / А. И. Ангелов, М. П. Верешагин, В. С. Ершов и др.; Под ред. В. И. Ревнивцева.—М.: Недра, 1983.—271 с.
[2]. Цывин М. М., Котцов С. Г. О качестве древесной муки // Деревообработ. пром-сть.—1977.—№ 5.—С. 13—14.

Поступила 17 января 1990 г.

УДК 674.053 : 621.933.6.02

БОКОВЫЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАМНЫЕ ПИЛЫ, И ВЛИЯНИЕ ИХ НА ТОЧНОСТЬ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Точность размеров пиломатериалов — один из главных показателей рамного пиления. Для ее повышения приходится снижать скорость подачи, что уменьшает производительность рам; применять толстые пилы и увеличивать поле допуска со смещением его центра, что приводит к снижению выхода пиломатериалов; усиливать натяжение пил, что сокращает срок их службы.

Точность толщины пиломатериалов складывается из точности настройки лесопильной рамы на заданные размеры и точности пиления. Повышение точности настройки рассмотрено в работе [5]. Условие точного пиления имеет вид

$$y = \frac{Q}{j_n \left(1 - \frac{P_{\max}^2}{P_{кр}^2}\right)} \leq [y], \quad (1)$$

- где y — отклонение пилы в процессе пиления, мм;
 Q — результирующая боковая составляющая силы сопротивления резанию (в дальнейшем просто боковая сила), Н;
 j_n — начальная жесткость рамной пилы, Н/мм;
 P_{\max} — максимальная нормальная составляющая силы сопротивления резанию, Н;
 $P_{кр}$ — критическая сила, т. е. действующая в плоскости наибольшей жесткости предельная сила, при достижении которой пила теряет устойчивость плоской формы изгиба, Н;
 $[y]$ — допустимое отклонение пилы, мм.

Рекомендации по определению j_n и $P_{кр}$ даны в работе [4]. Максимальная нормальная составляющая силы сопротивления резанию может быть найдена из выражения

$$P_{\max} = q_p R_{ср.р.х}, \quad (2)$$

- где q_p — коэффициент, зависящий от кинематики лесопильной рамы и жесткости механизмов резания и подачи;
 $R_{ср.р.х}$ — средняя касательная сила резания за рабочий ход пилы, Н.

Величину $R_{\text{ср. р. х}}$ можно вычислить по формуле

$$R_{\text{ср. р. х}} = Kb'h\Delta/H, \quad (3)$$

где K — удельная работа резания, МПа;
 b' — ширина пропила, мм;
 h — высота пропила, мм;
 Δ — подача за двойной ход пил (посылка), мм;
 H — ход пильной рамки (пил), мм.

Удельную работу резания определим по методике, предложенной в работе [1]. При распиловке сосны, ели и пихты

$$K = 37 + \frac{0,2h}{b'} + \frac{7,2a_p}{U_{z \text{ ср}}}, \quad (4)$$

где a_p — коэффициент затупления зубьев, методика определения его величины приведена в работе [1];
 $U_{z \text{ ср}}$ — средняя подача на зуб, мм.

Допускаемое отклонение пилы

$$[y] = \sqrt{\frac{A_T^2 - A_{\text{поз}}^2 - 2A_{\text{уш}}^2 - A_{\text{ус}}^2}{8}}, \quad (5)$$

где A_T , $A_{\text{поз}}$, $A_{\text{уш}}$, $A_{\text{ус}}$ — поля допуска (в мм) толщины пиломатериалов, позиционирования пил (толщины межпилыных прокладок), уширения зубьев, усушки пиломатериалов.

Согласно нормам [3, 6, 7], имеем $A_T = 3$ мм (при толщине пиломатериалов < 50 мм) и $A_T = 5$ мм (при толщине пиломатериалов ≥ 50 мм); $A_{\text{поз}} = 0,4$ мм; $A_{\text{уш}} = 0,1$ мм. Поле допуска усушки можно определить, используя зависимость среднеквадратичного отклонения усушки от ее величины [7]:

$$A_{\text{ус}} = 6\sigma_{\text{ус}} = 1,68\bar{y}, \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{ус}}$ — среднеквадратичное отклонение усушки, мм;
 \bar{y} — усушка, мм.

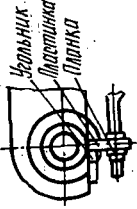
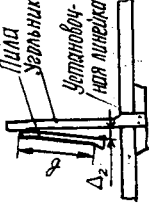
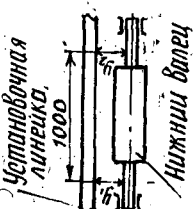
Из формулы (1) видно, что сила Q оказывает большое влияние на точность пиления. Поэтому необходимо дать методику ее расчета. Основные причины возникновения боковых сил приведены в таблице и показаны на рисунке. Они поддаются количественной оценке и на них можно воздействовать.

На величину и направление боковых сил влияют также положение пил в поставе и особенности строения древесины. Правильная и своевременная заточка зубьев пил позволяет свести эти факторы к минимуму и не учитывать в расчетах.

Результирующая боковая сила может быть определена по формуле

$$Q = P_{\text{max}} \text{tg } \theta + R_{\text{max}} \text{tg } \varphi + \frac{P_{\text{max}}(S'_1 - S'_2)}{b} + \frac{T_B \text{tg } \beta}{z}, \quad (7)$$

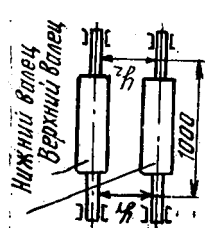
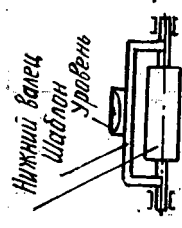
где θ — угол между продольной осью лесопильной рамы и равнодействующей горизонтальной силой сопротивления резанию, равный алгебраической сумме углов θ_1 , θ_2 и θ_3 (рис. а, б, в), рад;
 φ — угол между вертикальной осью лесопильной рамы и равнодействующей вертикальной силой сопротивления резанию, равный алгебраической сумме углов φ_1 , φ_2 и φ_3 (рис. г, д, е), рад;

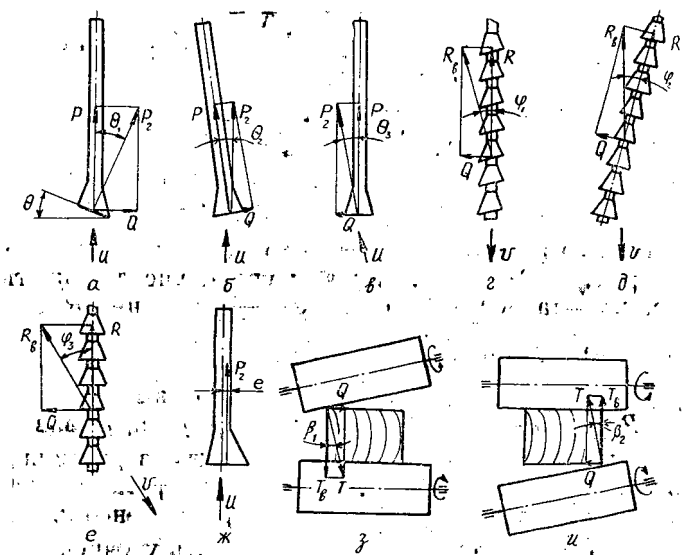
Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Неперпендикулярность передней грани зубьев боковой поверхности пилы	Перпендикулярность опорной поверхности фланца шлифовального круга опорной поверхности зажимной планки заточного станка		$[\Delta_1] = 0,05 \text{ мм}$ на длине $l = 50 \text{ мм}$	ГОСТ 18209—72 «Станки для заточки рамных и ленточных пил»	$Q = P \operatorname{tg} \theta_1$; $Q = R \operatorname{tg} \varphi_1$, где $\operatorname{tg} \theta_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\Delta_1}{l}$ (при нормативных значениях $\operatorname{tg} \theta_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,0008$)
Непараллельность установки пил продольной оси лесопильной рамы	Отклонение стержня поперочного угольника к плоскости полотна пилы		$[\Delta_2] = 0,2 \dots 0,3 \text{ мм}$ на ширине полотна пилы b	Технологические рекомендации РПИ «Подготовка рамных пил» 6.1—00	$Q = P \operatorname{tg} \theta_2$, где $\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{\Delta_2}{b}$ (при $\Delta_2 = 0,2 \text{ мм}$ и $b = 100 \text{ мм}$ $\operatorname{tg} \theta_2 = 0,002$)
Непараллельность направления подачи продольной оси лесопильной рамы	Параллельность установочной линейки оси переднего подающего вальца		$[\Delta_3] = y_2 - y_1 = 0,25 \text{ мм}$ на длине $l = 1000 \text{ мм}$	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные вертикальные двухгазовые для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = P \operatorname{tg} \theta_3$, где $\operatorname{tg} \theta_3 = \frac{\Delta_3}{1000}$ (при нормативном значении $\Delta_3 = 0,25 \text{ мм}$ $\operatorname{tg} \theta_3 = 0,00025$)

Продолжение таблицы

Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Непараллельность установки пил вертикальной оси лесопильной рамы	Отклонение стержня поперечного угольника от плоскости полотна пилы на величине хода пил H		$[\Delta_4] = 0,5$ мм на величине хода пил H	Технологические режимы РПИ 6.1—00 «Подготовка рамных пил»	$Q = R \operatorname{tg} \varphi_2$, где $\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\Delta_4}{1000}$ (при $\Delta_4 = 0,5$ мм на $H = 600$ мм $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,0008$)
Неточность движения пил	Вертикальность перемещения пильной рамки в направляющих		$[\Delta_5] = 0,4$ мм на длине $l = 1000$ мм	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные вертикальные двухэтажные для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = R \operatorname{tg} \varphi_3$, где $\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\Delta_5}{1000}$ (при нормативном значении $\Delta_5 = 0,4$ мм $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,0004$)
Несимметричность уширения зубьев пил	Симметричность уширения зубьев с двух сторон пилы		$[\Delta_6] = S'_{\max} - S'_{\min} = 0,16$ мм	ТУ на плущильные станки ПХФ-2	$Q = \frac{P \Delta_6}{b}$ (при нормативном значении $\Delta_6 = 0,16$ мм $Q = 0,16 \frac{P}{b}$)

Продолжение таблицы

Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Непараллельность осей верхних и нижних валцов между собой	Параллельность обрабатываемых верхних и нижних подающих валцов между собой		$[\Delta_7] = 0,5 \text{ мм}$ на длине $l = 1000 \text{ мм}$	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные вертикальные двухэтажные для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = \frac{T_7 \operatorname{tg} \beta_1}{\Delta_7} \cdot \frac{1000}{1000}$ <p>(при нормативном значении $\Delta_7 = 0,5 \text{ мм}$ $\operatorname{tg} \beta_1 = 0,0005$)</p>
Негоризонтальность осей нижних подающих валцов	Горизонтальность нижних подающих валцов		$[\Delta_8] = 0,4 \text{ мм}$ на длине $l = 1000 \text{ мм}$	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные двухэтажные для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = \frac{T_8 \operatorname{tg} \beta_2}{\Delta_8} \cdot \frac{1000}{1000}$ <p>(при нормативном значении $\operatorname{tg} \beta_2 = 0,0004$)</p>



Причины возникновения боковых сил: неперпендикулярность передней грани зубьев (полотну пилы) (а, е); неточность установки пил в горизонтальном направлении (б), подачи распиливаемого материала (в), установки пил в вертикальном направлении (д), движения пил (е); несимметричность уширения зубьев (ж); непараллельность верхних и нижних подающих валцов (з); негоризонтальность нижних подающих валцов (и).

- β — угол между вертикальной осью лесопильной рамы и нормалью к образующей вальца, равный алгебраической сумме углов β_1 и β_2 (рис. з, и), рад;
- R_{\max} — максимальная касательная составляющая силы сопротивления резанию, Н;
- s_1 и s_2 — уширения зубьев на одну и другую стороны, мм;
- b — ширина пилы, мм;
- T_v — сила прижима валцов к распиливаемой древесине, Н;
- z — число пил в поставе.

Уменьшить силу Q можно как за счет компенсации одних погрешностей другими (они дают боковые силы разных знаков), так и за счет уменьшения величины погрешностей.

Первый способ зависит от профессионального уровня персонала, обслуживающего станок, и может быть исключением, но не правилом. Необходимо развивать второй способ снижения Q , повышая точность подготовки к работе пил и механизмов станка.

При замерах погрешностей подготовки пил и механизмов станка к работе Δ_i можно вычислить силы Q_i , вызванные отдельными факторами (см. таблицу). Складывая их (с учетом знака) получаем результирующую боковую силу:

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \tag{8}$$

Нормативные значения погрешностей (допусков) приведены в таблице. Рассматривая погрешности как случайные величины, в пределах допустимых значений $\pm [\Delta_i]$, можно прогнозировать силу Q из следующих выражений:

$$Q_1 = P_{\max} \sqrt{\text{tg}^2 \theta_1 + \text{tg}^2 \theta_2 + \text{tg}^2 \theta_3} \tag{9}$$

$$Q_2 = R_{\max} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi_1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_3} \quad (10)$$

$$Q_3 = P_{\max} \Delta_6 / b; \quad (11)$$

$$Q_4 = \frac{T_{\text{в}}}{z} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_1 + \operatorname{tg}^2 \beta_2}; \quad (12)$$

$$Q = \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2 + Q_4^2} \quad (13)$$

Используя нормативные значения допустимых погрешностей (допуск) $[\Delta]_i$ и формулы (9) — (13), получим уравнение для прогнозирования боковой силы в зависимости от режимов пиления (R_{\max} , P_{\max} , $T_{\text{в}}$):

$$Q = 10^{-3} \sqrt{5,66 P_{\max}^2 + 1,44 R_{\max}^2 + 0,41 (T_{\text{в}}/z)^2} \quad (14)$$

Силу P_{\max} и R_{\max} можно определить по выражениям $R_{\max} = q_R R_{\text{ср. п. х}}$ и $P_{\max} = q_P R_{\text{ср. п. х}}$. Коэффициенты q_R и q_P зависят от кинематики лесопильных рам и жесткости механизмов резания и подачи. Для лесопильных рам, выпускаемых в настоящее время, можно принять средние значения $q_P = 2,5$ и $q_R = 3,5$ [8]. При изменении кинематики лесопильных рам эти коэффициенты должны быть уточнены путем проведения экспериментальных исследований сил резания.

Сила прижима верхних валцов к распиливаемому материалу $T_{\text{в}}$ (брену или брусу) должна удовлетворять двум условиям. Во-первых, она должна обеспечивать такое сцепление подающих валцов с древесиной, чтобы тяговое усилие могло преодолевать горизонтальные составляющие от сил резания и сопротивления в направляющих ножах; во-вторых, исключать подбрасывание распиливаемого материала при холостом ходе пил.

Расчеты показывают, что во втором случае требуется большее усилие прижима $T_{\text{в}}$. При определении его следует брать случай, когда распиливаемый материал находится в одной паре валцов. Силу $T_{\text{в}}$, приходящуюся на одну пилу, найдем как

$$T_{\text{в}}/z = R_{\max} \text{ или } T_{\text{в}}/z = 3,5 R_{\text{ср. п. х}}$$

Пример. Распиливаем еловые брусья высотой 200 мм на доски толщиной 25 и 50 мм с посылкой $\Delta = 39$ мм. Ширина пропила $b' = 3,6$ мм; ход пильной рамки $H = 600$ мм. Рамные пилы с шагом зубьев $t = 26$ мм, толщиной 2,0 мм и шириной 140 мм натянуты с силой $N = 50$ кН при оптимальном эксцентриситете линии натяжения $\mathcal{E}_{\text{опт}}$. Свободная длина пил (расстояние между верхними и нижними межпильными прокладками) $l = 800$ мм. Время упряга $t_y = 140$ мин, что соответствует коэффициенту затупления зубьев $a_p = 1,6$.

Требуется дать прогноз о величине боковых сил в конце упряга и установить, обеспечивается ли качество пиления по точности при условии, что выполнены требования к качеству подготовки пил и узлов станка к работе.

По методике, изложенной в работе [4], определяем начальную жесткость пил $j_n = 87,5$ Н/мм; величину оптимального относительного эксцентриситета линии натяжения пил $\mathcal{E}_{\text{опт}} = 0,13$; критическую силу пилы $P_{\text{кр}} = 9,96$ кН.

Подачу на зуб, находим как $U_{z \text{ ср}} = \Delta t / H = 39 \cdot 26 / 600 = 1,7$ мм. По формуле (4) вычисляем удельную работу резания $K = 54,9$ МПа, а по формуле (3) — $R_{\text{ср. п. х}} = 2,57$ кН. Максимальные вертикальная и горизонтальная силы резания составляют соответственно 8,99 и 6,42 кН. Сила прижима валцов к древесине, отнесенная к одной пиле, $T_{\text{в}}/z = R_{\max} = 8,99$ кН.

Подставляя P_{\max} , R_{\max} и T_v/z в формулу (14), получаем значение боковой силы 19,56 Н. Из формулы (1) имеем $y = 0,38$ мм.

Величина усушки досок y толщиной 25 мм, согласно [2], составляет 0,80 мм. Тогда поле допуска усушки $A_{yc} = 1,34$ мм.

Допускаемая величина отклонения пилы $[y]$, определяемая по формуле (5), равна 0,94 мм. Так как $y < [y]$, то считаем, что качество распиловки по точности обеспечивается.

Материалы, представленные в статье, могут быть использованы в следующих случаях:

оценка влияния погрешностей подготовки пил и узлов лесопильной рамы на величину боковых сил и точность пиления;

прогнозирование качества пиления по точности при обеспечении нормативных значений погрешностей подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе;

обоснование норм точности подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе;

определение эффективности мероприятий по повышению точности подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1967.—175 с. [2]. ГОСТ 6782.1—75 (СТ СЭВ 1148—78). Пилопродукция из древесины хвойных пород. Величина усушки.—Взамен ГОСТ 6782—67; Введ. 01.07.76.—М.: Изд-во стандартов, 1980.—10 с. [3]. ГОСТ 26002—83. Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые для экспорта. Технические условия.—Введ. 01.01.85.—М.: Изд-во стандартов, 1985.—33 с. [4]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами.—М.: Лесн. пром-сть, 1990.—240 с. [5]. Прокофьев Г. Ф. Повышение точности размеров пиломатериалов при рамном пилении: Обзор. инф.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987.—32 с. [6]. Прокофьев Г. Ф. Технологические режимы РПИ-6.1-00. Подготовка рамных пил.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1987.—40 с. [7]. ТУ 13-0273675-25—89. Прокладки межпильные для вертикальных лесопильных рам.—Взамен ОСТ 13-6—78; Введ. 01.01.90 до 01.01.95.—Архангельск, 1989.—13 с. [8]. Хасдан С. М. и др. Экспериментальные исследования сил резания в двухэтажных лесопильных рамах серийных конструкций // Науч. тр. / ЦНИИМОД.—1965.—Вып. 18.—С. 117—193.

Поступила 26 марта 1991 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.023.143

ОТБЕЛКА РАФИНЕРНОЙ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ
ДЕАЭРИРОВАННЫМ ВОДНЫМ РАСТВОРОМ
ДИТИОНИТА НАТРИЯТ. А. ТУМАНОВА, А. Р. ГАБРИЕЛЯН, Ю. И. ДЬЯЧЕНКО,
В. А. ЧАСОВЕННАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

При систематическом исследовании сложного комплекса — водного раствора дитионита натрия (ДН) — необходимо выявить участие кислорода в реакциях диспропорционирования и окисления ДН, а также отбельном процессе. Ранее нами [1] были изучены реакции в водных растворах ДН при отбелке рафинерной древесной массы (РДМ) в присутствии кислорода воздуха, распределенного между жидкой и газовой фазами системы. Другие исследователи [5, 7, 9] для снижения потерь ДН на саморазложение и увеличение эффективности отбелки древесной массы рекомендуют создавать «подушку» из инертного газа (азот, гелий) в отбельных башнях над волокнистой суспензией [3, 5, 7].

Цель данной работы — исследовать состав деаэрированного водного раствора ДН при отбелке, а также влияние условий отбелки на белизну и реверсию белизны РДМ.

В качестве полуфабриката использовали РДМ Сыктывкарского ЛПК из древесины ели при степени помола 65 °ШР, белизне 48,9 %, массовой доле лигнина, смол и жиров, зольных веществ соответственно 30,0; 4,2; 0,8 %. Навески небеленой РДМ предварительно, в течение 30 мин обрабатывали раствором ЭДТА при заданной температуре и рН, затем всю систему продували гелием 15 мин, вносили сухую навеску препарата ДН, перемешивали потоком гелия и создавали подушку инертного газа над раствором. В этих условиях систему выдерживали в течение 15...120 мин. Спыты проводили при температуре 20, 35 и 70 °С. Необходимое значение рН отбельного раствора (5, 6 или 7) поддерживали с помощью буферного раствора. Во всех опытах после внесения сухого препарата ДН в суспензию РДМ использовали отбельный раствор следующего состава: дитионит 15,6; сульфит и гидросульфит 6,9; тиосульфат 1,1; сульфат 5,3 ммоль/л. Массовые доли РДМ и ЭДТА в расчете на массу абс. сухого волокна составляют 3,00 и 0,25 % соответственно.

По истечении заданного времени массу извлекали из сосуда и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции. В отработанном отбельном растворе определяли содержание остаточного дитионита, гидросульфита, тиосульфата, сульфата. Образование коллоидной серы фиксировали турбидиметрическим методом [3]. Приготовленные отливки из РДМ использовали для определения белизны на лейкометре фирмы «Carl Zeiss Jena». Для изучения зависимости реверсии белизны РДМ от условий отбелки воздействовали УФ-излучением (осветитель КФ-4 со светофильтром УФС-6, диапазон длин волн 340...390 нм, продолжительность освещения 15 ч).

Экспериментальные данные (рис. 1) аппроксимировали уравнениями кубической параболы. Полученные уравнения регрессии харак-