

УДК 67.05

UDC 67.05

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ НА
ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

**THE RESEARCH OF CUTTING PROCESS ON
A BAND-SAW MACHINE TOOL**

Литвинов Артем Евгеньевич
к.т.н., ст. преподаватель

Litvinov Artem Evgenevich
Cand.Tech.Sci., senior lecturer

Корниенко Владимир Гаврилович
к.т.н., профессор
*Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар, Россия*

Kornienko Vladimir Gavrilovich
Cand.Tech.Sci., professor
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

В статье представлены результаты
экспериментальных исследований по определению
усилия подачи и усилия резания на
ленточнопильных станках для новой и уже
изношенной пилы

In this article, we have presented the results based on
the experimental research of effort of giving and effort
of cutting on a band-saw machine for new and already
worn-out saws

Ключевые слова: ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫЙ
СТАНОК, УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ, УСИЛИЕ
ПОДАЧИ, ФОРМУЛА СИЛЫ РЕЗАНИЯ

Keywords: BAND-SAW MACHINE TOOL, EFFORT
OF CUTTING, EFFORT OF GIVING, FORMULA
OF FORCE OF CUTTING

На практике процесс резания ленточной пилой оценивается на основе режимов резания. Решающими факторами являются время резания и качество отрезаемых заготовок. Можно выделить следующие критерии процесса резания:

– пропиленная поверхность за единицу времени. Она зависит от режущей способности пилы, от материала заготовки, а также от подачи пильной рамы станка, от различных установочных параметров;

– параметры стойкости ленточной пилы. Выбор стойкости как критерий использования ленточной пилы, описывается, среди прочего, её износом;

– увод пилы. В качестве "увода" пилы во время процесса пиления обозначается отклонение полотна пилы и вызванное этим изменение размеров поверхности резания у произведенной детали, по сравнению с заданными идеальными размерами плоскости резания, обусловленными кинематикой ленточнопильного станка.

– структура наружной поверхности пропиленной плоскости.

Для оценки процесса резания могут быть также использованы появляющаяся волнистость или следы вибрации на поверхности резания. Кроме того, на всех поверхностях, полученных при пилении пилами с определенной разводкой зубьев, можно наблюдать отражение контура детали.

В процессе обработки заготовки на ленточнопильных станках, выделяют следующие режимы резания: подача, S - величина перемещения пильной рамы, мм/мин.; скорость, V - скорость движения зубьев пилы в направлении главного движения, м/мин. Применение двух прямолинейных движений - главного и вспомогательного, позволяет получить необходимую траекторию движения каждого зуба пилы. При определении силы резания необходимо знать толщину срезаемого одним зубом слоя разрезаемого материала. Кинематическая схема резания, приведенная на рисунке 1, иллюстрирует величину подачи на один зуб пилы S_z , или величину срезаемого слоя. [1-3]

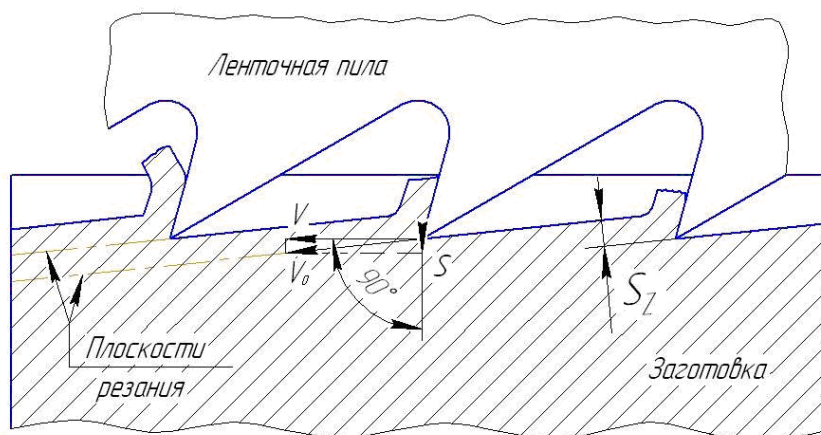


Рисунок 1 - Кинематическая схема резания

Зная шаг зубьев, t , скорость движения пилы, V и подачу s , можно определить величину S_z :

$$s_z = \frac{t * s}{V}, \quad (1)$$

где S_z - подача на один зуб пилы, мкм; t - шаг зубьев, мм; s – подача пилы, мм/мин; V - скорость движения пилы, м/мин.

При проведении исследовательских работ были использованы сведения по скоростям резания различных металлов и сплавов, предлагаемые фирмами-производителями ленточнопильных станков. Для определения подачи ленточной пилы в зависимости от скорости резания и шага зубьев t , мм (Т.Р.І.) применяемых пил, проведены эксперименты по пиленю прямоугольного проката $B=100$ мм, из стали 45. На станке была установлена биметаллическая ленточная пила М 42 Т.Р.І. – 3/4 ($t=7.3$ мм.). Резание производилось при скорости пилы $V=60$ м/мин. С применением СОЖ. Пила была предварительно приработана. Подача варьировалась от 10 до 140 мм/мин.[2] До проведения эксперимента расчетным путем определены величины подач на зуб S_z по зависимости (1), представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Подача на зуб, S_z

S , мм/мин	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
S_z , мкм	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13.2	14.4	15.6	16.8

По результатам исследований установлено, что тонкая, выющаяся и упругая стружка образуется при подачах на зуб 7.2 – 8.4 мкм, что указывает на правильность выбора подачи. При меньших подачах стружка порошкообразная, тонкая, при больших подачах толстая, с цветами побежалости. На основании проведенных экспериментов для построения графика зависимости подачи от скорости пилы, представленного на рисунке 2, принята подача на зуб 8 мкм.

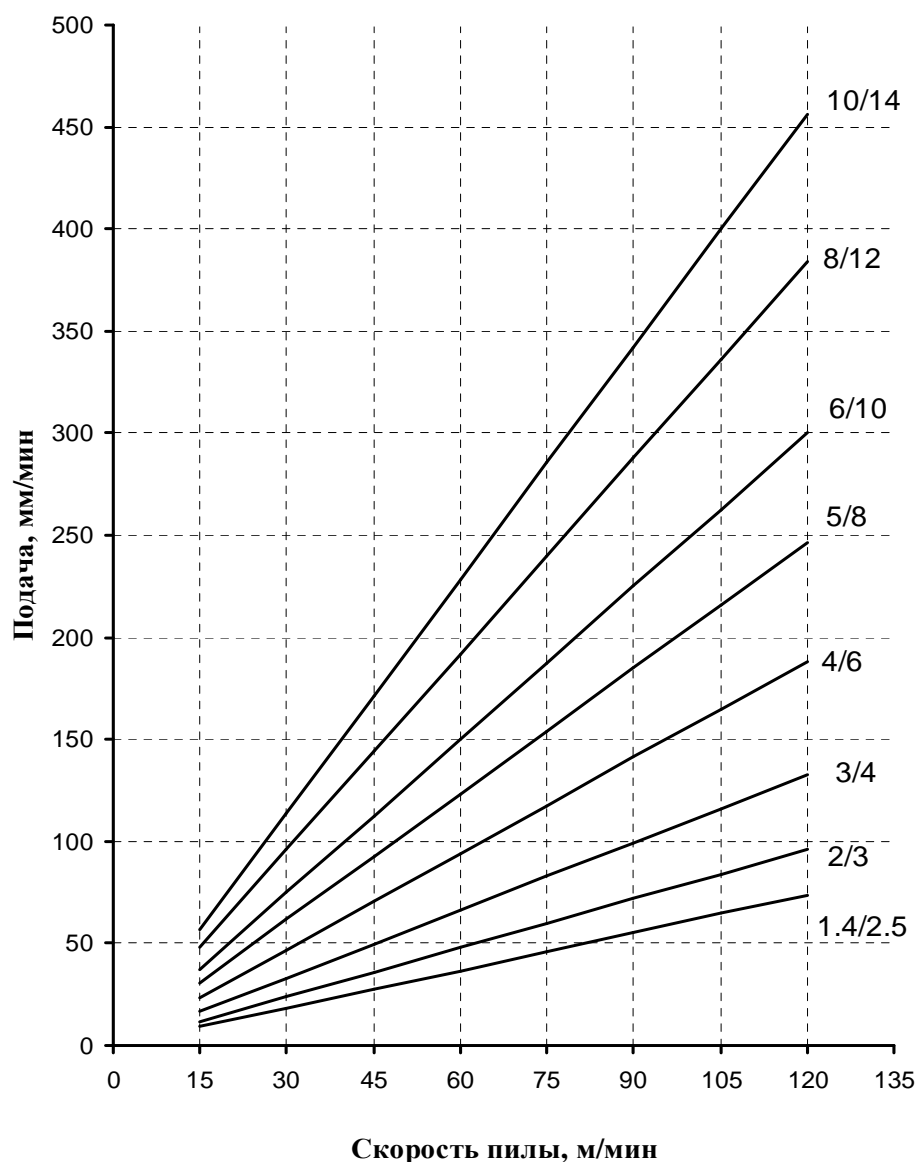


Рисунок 2 - График зависимости минутной подачи от скорости пилы

Используя данный график и зная скорость пилы можно весьма просто определять и устанавливать требуемую подачу для разных пил с различным шагом зубьев, при этом режим резания будет оптимальным. [4]

Как было установлено, процесс резания ленточной пилой специфичен, т.к. при резании каждым зубом срезается очень тонкие слои металла. Толщина срезаемого слоя (подача на зуб S_z) получается в пределах 0.5-20 мкм. Фактические действующие усилие резания и усилие

подачи при заданных режимах резания могут быть определены только экспериментально.

На станке была установлена биметаллическая ленточная пила М 42 с шагом зубьев (Т.Р.І.) $2/3$ ($t=10\text{мм.}$). Обрабатываемая заготовка прямоугольного сечения $B=200\text{ мм.}$, из стали 45. Резание производилось при скорости $V=60\text{ м/мин.}$, с применением СОЖ, предварительно приработанной пилой, с подачами 12, 24, 48, 72, 96 и 120 мм/мин. [5]. Усилия резания определялись косвенно по показаниям цифрового ваттметра, установленного в частотном преобразователе системы управления главным двигателем станка и расчетом тянущего усилия на приводном диске. Мощность, затрачиваемая на холостой ход ленточной пилы, вычиталась. Усилие подачи измерялось электрическим тензометрическим динамометром DH-FGA-500. Датчик динамометра устанавливался и крепился на столе станка. Результаты эксперимента представлены в таблице 2:

Таблица 2 - Зависимость усилия резания от подачи.

Номер реза	1	2	3	4	5	6
Для новой приработанной пилы						
Подача S , мм/мин	12	24	48	72	96	120
Подача на зуб S_z , мкм	2	4	8	12	16	20
Усилие резания P_z , Н	460	770	1200	1620	1960	2324
Усилие подачи P_y , Н	455	750	1210	1610	1950	2310
Для изношенной пилы						
Подача S , мм/мин	12	24	48	72	96	120
Усилие резания P_z , Н	450	760	1180	1600	-	-
Усилие подачи P_y , Н	670	1120	1710	2290	-	-

Пятый и шестой рез на изношенной пиле не производился, из-за затупления приведшего к уходу пилы на четвертом резе.

На основании проведенного эксперимента установлены зависимости между усилием резания P_z и усилием подачи P_y для новой пилы и пилы с изношенными зубьями.

$$\frac{P_z}{P_y} \approx 1.0 \quad (2)$$

$$\frac{P_z}{P_y} = 0.7, \quad (3)$$

Выражение (2) относится к новой пиле, а выражение (3) к изношенной пиле.

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что толщина среза S_z влияет на усилие резания P_z в меньшей степени, чем это следует из закона прямой пропорциональности, потому, что с увеличением толщины среза усадка стружки не остается постоянной, а неизменно уменьшается. [1-3]

Используя полученные в эксперименте величины P_z при устанавливаемых подачах, как значение координат построим в линейных координатах график результатов измерения сил резания.

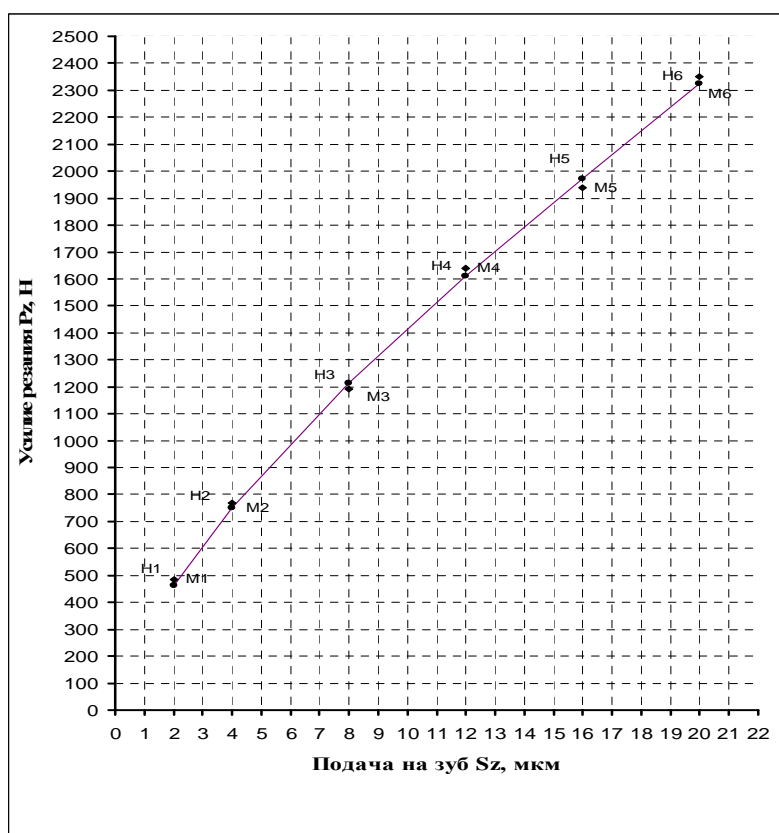


Рисунок 2 - График результатов измерения

Полученная кривая схожа с параболой, поэтому искомую зависимость можно аппроксимировать функцией степенного вида.

где коэффициент \mathbf{c} и показатель степени \mathbf{u} являются константами.

Для нахождения значений данных величин проведем логарифмирование данной зависимости

Значения показателя степени **u** находим аналитическим способом.

На выравнивающей кривой берем точки $H_1 (Pz_1 = 464, Sz_1 = 12)$; $H_2 (Pz_2 = 750, Sz_2 = 24)$; $H_3 (Pz_3 = 1215, Sz_3 = 48)$; $H_4 (Pz_4 = 1610, Sz_4 = 72)$; $H_5 (Pz_5 = 1970, Sz_5 = 96)$; $H_6 (Pz_6 = 2320, Sz_6 = 120)$;

Подставляя в выражение (5) значения координат P_z и S_z взятых точек получим ряд уравнений вида:

[illegible]

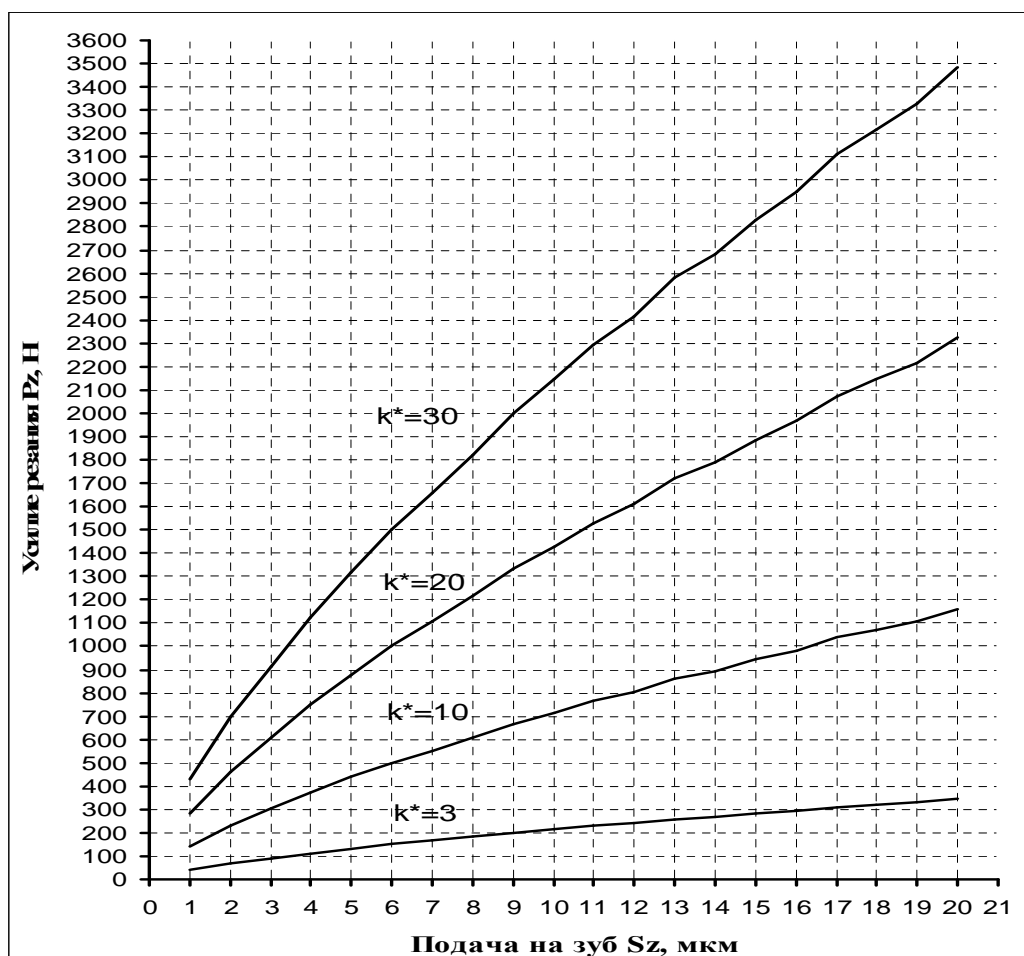
Объединяя попарно эти уравнения и решая системы из двух уравнений исключением коэффициента с получаем выражения для **u**:

$$\begin{aligned}
 u &= (\lg Pz_1 - \lg Pz_2) / (\lg Sz_1 - \lg Sz_2) ; \\
 u &= (\lg Pz_1 - \lg Pz_3) / (\lg Sz_1 - \lg Sz_3) ; \\
 &\dots\dots\dots \\
 u &= (\lg Pz_1 - \lg Pz_i) / (\lg Sz_1 - \lg Sz_i) ; \\
 u &= (\lg Pz_2 - \lg Pz_3) / (\lg Sz_2 - \lg Sz_3) ; \\
 &\dots\dots\dots \\
 u &= (\lg Pz_{i-2} - \lg Pz_i) / (\lg Sz_{i-2} - \lg Sz_i) ; \\
 u &= (\lg Pz_{i-1} - \lg Pz_i) / (\lg Sz_{i-1} - \lg Sz_i) ;
 \end{aligned} \tag{7}$$

Значения показателя степени **u** получим примерно равным 0.7. Поскольку значения **u** примерно равны во всех выражениях, это означает, что зависимость $Pz = f(Sz)$ может быть удовлетворительно аппроксимирована степенным уравнением.[2-6] Значение показателя степени **u** принимаем равным среднему арифметическому всех вычисленных значений, т.е. 0.7. Зная значение показателя степени **u** можно представить формулу силы резания в уточненном виде:

$$P = K_p * \sigma_s * S_z^{0.7} * b ; \tag{8}$$

Для примера, используя данное уравнение, определим усилие резания заготовок из стали 45 ($\sigma_s = 650 \text{ Н / мм}^2$) при подачах на зуб от 1 до 20 мкм, количество зубьев, находящихся в зоне резания $k^*=3,10,20,30$ и построим соответствующий график, приведенный на рисунке 3.

Рисунок 3 - Зависимость усилия резания P_z от подачи на зуб S_z

Таким образом, после проведения эксперимента удалось уточнить формулу силы резания для обработки на ленточнопильных станках и сделать вывод о зависимости усилия резания и усилия подачи для новой и уже изношенной пилы.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.В37.21.1564 «Усовершенствование ленточнопильных металлорежущих станков с целью улучшения условий эксплуатации и повышения экономической эффективности их работы».

Список литературы

1. Клушин М.И. “Резание металлов. Элементы теории пластического деформирования срезаемого слоя” Москва: Изд-во Машгиз, 1958. с-454.
2. Литвинов А.Е. Корниенко В.Г., Сухонос Н.И. Исследование режимов резания на ленточнопильных станках // Станки Инструмент (СТИН). – 2010. – №10, – С 5-8.
3. Милберг Д, “Силы резания при распиловке ленточными пилами” Industrie-Anzelger, 1986, № 79, с. 35-36.
4. Литвинов А.Е. Корниенко В.Г., Сухонос Н.И. Исследование технологических параметров ленточной пилы // Научный журнал “Современные наукоемкие технологии” – 2007. – № 6. С 47-48.
5. Литвинов А.Е. Корниенко В.Г. Основные режимы резания и обоснование выбора шага ленточных пил при обработке материала на ленточнопильных станках // Научный журнал “Успехи современного естествознания” – 2009. – №8 С 89-90.
6. Litvinov A. Research of deterioration and productivity of a band saw/A. Litvinov, V.Kornienko//European journal of natural history-2010 -№1 С 57.

References

1. Klushin M.I. “Rezanie metallov. Jelementy teorii plasticheskogo deformirovanija srezaemogo sloja” Moskva: Izd-vo Mashgiz, 1958. s-454.
2. Litvinov A.E. Kornienko V.G., Suhonosov N.I. Issledovanie rezhimov rezanija na lentochнопil'nyh stankah // Stanki Instrument (STIN). – 2010. – №10, – S 5-8.
3. Milberg D, “Sily rezanija pri raspilovke lentochnymi pilami” Industrie-Anzelger, 1986, № 79, s. 35-36.
4. Litvinov A.E. Kornienko V.G., Suhonosov N.I. Issledovanie tehnologicheskikh parametrov lentochnoj pily // Nauchnyj zhurnal “Sovremennye naukoemkie tehnologii” – 2007. – № 6. S 47-48.
5. Litvinov A.E. Kornienko V.G. Osnovnye rezhimy rezanija i obosnovanie vybora shaga lentochnyh pil pri obrabotke materiala na lentochнопil'nyh stankah // Nauchnyj zhurnal “Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya” – 2009. – №8 S 89-90.
6. Litvinov A. Research of deterioration and productivity of a band saw/A. Litvinov, V.Kornienko//European journal of natural history-2010 -№1 S 57.