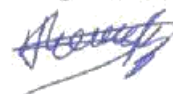


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольск-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи



Рахмонов Сиёвуш Саймуродович

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА  
ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ НА ЛЕНТОПИЛЬНОМ СТАНКЕ МОДЕЛИ  
HBS-1319V, РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА**

Направление подготовки

27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Профиль «Метрологическое обеспечение машиностроительных производств»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Никитина  
Елена Николаевна

**Проверено**

27.06.2019 Зачтено Библиотека



## **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы исследования.** Любое машиностроительное предприятие начинается с заготовительного отделения. Задача заготовительного отделения состоит в том, чтобы прокат порезать на составные элементы, разделить на другие более мелкие объекты, с которыми затем будут совершены те или другие процессы механической обработки.

В нашем случае рассматривается наиболее распространенный класс. Станки 3 класса рациональны потому, что он дешёв и применим для большинства машиностроительных предприятий. Однако и здесь сегодня подходы различные.

Нам кажется, что проблема эффективного использования лентопильных станков данного типа не исследована полностью. Я считаю, что это служит целью моей работы в рамках направления «Метрология и стандартизация».

**Цель диссертационной работы:** повышение качества (в первую очередь – шероховатости) поверхностей заготовок, полученных при лентопильной обработке.

### **Научная новизна:**

Показано, что предусмотренная действующими ГОСТами классификация шероховатости и отклонений поверхностей не полностью охватывают те дефекты поверхностей, которые формируются при лентопильной обработке. Особенно, при обработке мягких алюминиевых сплавов. Для стальных заготовок это тоже характерно, но с другим типом дефектов. Предложено введение термина «рельефность поверхности» для оценки параметров шероховатости.

### **Практическая значимость работы:**

1. Установлено, что на поверхностях заготовок, полученных путём распиливания на лентопильном станке модели HBS-1319V (третий класс точности), присутствуют дефекты разного типа. Считаю необходимым обратить внимание на следующие специфические дефекты:

а) Периферийный (по контуру заготовки) дефект. Это оказалось свойственно только заготовкам в виде полосы, выполненным из алюминиевого сплава АК4, показанным на таблице 1 рисунок.5

Природу образования таких дефектов не исследовали, пути их устранения не определяли.

б) Дефекты типа «налипы» в таблице 3. Оказались свойственны только заготовкам, выполненным из алюминиевого сплава В95.

в) Дефекты в виде «рельефности поверхности». Они свойственны всем рассмотренным случаям, но наиболее характерны для алюминиевых сплавов.

2 Предложено решение повышения качества обработки за счёт изменения угла режущего лезвия по отношению к направлению движения пилы. Это позволяет снизить припуски на заготовительную операцию.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения список литературы из 43 наименований. Работа изложена на 107 страниц и содержит 52 рисунок и 9 таблиц. Приложение 2

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введение обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, раскрыта ее научная новизна и практическая ценность, сформулированы цель и задачи работы.

**Первая глава посвящена** анализ состояния проблемы распиловки на лентопильных станках заготовок деталей, выполненных из сталей и сплавов.

Лентопильные станки на современных промышленных предприятиях все чаще используется как высокотехнологичное оборудование. Обусловлено это как активными темпами развития науки и технологий, так и необходимостью их реализации на практике.

Основные характеристики лентопильного станка – его производительность и эффективность, что определяет мощность используемого в нем электродвигателя, который приводит в действие шкивы. Этот же параметр является основным критерием при выборе типа режущего полотна.

Несмотря на свою высокую мощность, лентопильные станки отличаются компактностью и незначительным весом. В качестве достоинств такого оборудования стоит отметить и низкий уровень шума, который издает качественное ленточное полотно.

Вне зависимости от модели, любой лентопильный станок состоит из следующих конструктивных узлов:

- корпус;
- механизмы привода;
- узел, непосредственно отвечающий за резку;
- механизмы для загрузки и подачи заготовок, подвергаемых резке;
- система управления механизмами оборудования, включающая в себя электромеханические и гидравлические компоненты.

Лентопильные станки по металлу предназначены для резки всех обычно используемых материалов алюминия и его сплавов, цветных металлов и высокотвердой стали.

Используются ленточнопильные станки даже при распиловке таких труднообрабатываемых материалов, как титановые и никелевые сплавы. И при правильном подборе режимов резания, ленточных полотен и самих станков пиление таких сплавов существенно экономит время и деньги, повышает производительность труда.

**Вторая глава** посвящена методологическое обеспечение исследования

Видео измерительная машина модели Mikro.Vu Sol 161. показана на рисунок.2. Она представляет собой прибор для контроля, измерения, документирования технических объектов с позиций микроскопирования, но отличается от микроскопов хорошим программным обеспечением, заменой объектива на видео камеру.

Система машинного зрения Sol воплощает в себе новые технологии для обеспечения быстрых и точных измерений.



Программируемое 19.5x увеличение (6.5x оптическое и 3x цифровое) компенсация нелинейностей (оптики и сцены), передовое освещение, а также совместимость с программами обработки деталей делают Sol самой передовой машиной в своем классе.

Рисунок.2. Видео измерительная машина модели Micro. Vu Sol 161

Метрологическое программное обеспечение Micro-Vu'sInSpec управляет системой Sol в дополнение к ручной, мультисенсорной и системе машинного зрения. Измерения InSpec с обозначением требуемой точки и нажатия одной клавиши, а также применение фирменной системы обнаружения краев упрощают проведение измерений при ресурсоемких работах.

**Третья глава посвящена** результаты экспериментального исследования качества обработанных поверхностей

Перефразировать высказывание Галилея в обратное можно следующим образом «Измеряй то, что до тебя не измеряли и результаты делай доступными всем».

Это предпринято в данной магистерской диссертации соискателя. Действительно, для заготовительного производства не принято оценивать качество поверхностей заготовки с позиций шероховатости в силу того, что принято считать эти поверхности предварительными и подлежащими дальнейшей обработке.

Так-то оно так. Но до тех пор, пока нет нужды экономить материал заготовок. До тех пор, пока дефекты на образованных поверхностях заготовки позволительны для дальнейшей её обработки.

### **Имеющиеся примеры исполнения ленточных пил**

Полотно биметаллической ленточной пилы, рисунок.2. изготавливается из упругой рессорно-пружинной стали, а режущая кромка зубьев - из износостойкой быстрорежущей стали. В зависимости от исполнения биметаллические ленточные пилы предназначены для резки профильных и сплошных материалов из конструкционных, инструментальных, нержавеющей сталей, цветных металлов и сплавов.



Рисунок.2. Стандартная биметаллическая пила

Стандартная форма зубьев пилы позволяет использовать такую пилу для обработки самых разнообразных материалов. Она подходит для резки в самом широком диапазоне. От конструкционной стали до сложно поддающихся резке материалов.

## **Имеющиеся примеры обработанных поверхностей заготовок деталей, выполненных из разных материалов**

В данном подразделе приведены примеры поверхностей, полученных на лентопильном станке модели HBS-1319V. Эти поверхности получены при применении указанных выше пил.

Образцы заготовок из разных марки материалов переведён в таблицу 1

Таблица 1



## **Измерения с помощью прибора марки TR200 (полное наименование прибора «Измеритель шероховатости TR200 профилометр портативный»).**

Прежде, чем изложить результаты измерений указанным прибором, здесь даны пояснения о возможностях прибора и различиях систем в подходе к контролю шероховатости.

Соискатель осознаёт, что исследуемые им поверхности заготовок не являются точными и ответственными, это специфично для заготовительного производства. Но, во-первых, на лентопильном станке можно не только отрезать заготовки, но и выполнять пропилы, пазы, ступени, требования к точности и шероховатости которых могут быть значимыми. Во-вторых, и на заготовительных операциях нет смысла отрезать заготовки с любым получившимся качеством. Качество поверхностей должно быть управляемым. А параметры качества должны быть измеряемыми. Например, по параметрам шероховатости. Ведь известно же, что в Японии используется 35 параметров шероховатости, в европейских государствах и США – 17 параметров, имеющийся у нас в наличии прибор позволяет контролировать 14 параметров шероховатости.

В таблице 2 показано какие именно параметры шероховатости наиболее информативны при оценке того или иного технического (эксплуатационного) свойства изделия.

Таблица 2. Сведения о параметрах шероховатости, применяемых при оценке функционального назначения контролируемой поверхности

Параметры шероховатости	Оцениваемое качество (функциональное назначение) поверхности (сопряжения)
$R_a, R_g, R_p,$	Уровень герметичности, качество уплотнения соединения
$R_z, R_p$	Износостойкость поверхности при истирании
$R_p, R_{Sm}, R_{Sk}$	Выносливость (сопротивляемость усталостному разрушению)
$R_p, R_{Sm}, R_c$	Качество покрытия и прочность его сцепления с основой
$R_a, R_v$	Коррозионная стойкость материала
$R_g, R_a, R_{ku},$	Глянец, лоск (видимость) поверхности изделия
$R_p, R_{Sm}, R_{Sm}$	Способность сопрягаемых поверхностей гасить вибрации
$R_z, R_v$	Усталостная прочность изделия, концентраторы напряжений на поверхностях

Из данных таблицы 2 следует, что часть из указанных параметров одновременно участвуют в обеспечении качества поверхности по нескольким показателям. Это отражает их роль и значимость.

На рисунке .3. показан пример измерения шероховатости на поверхности образца, полученной при отпиливании заготовки от полосы, выполненной из алюминиевого сплава марки АК4. Высветленная на экране прибора надпись свидетельствует, что параметры шероховатости контролируемой поверхности выходят за пределы возможностей прибора.



Рисунок.3. Пример измерения шероховатости на образце, выполненном из алюминиевого сплава марки АК4

Закljučая данный подраздел работы ещё раз сообщаем, что применение данного прибора для указанных целей оказалось невозможным. Это объясняется тем, что прибор



TR200 может измерять параметры шероховатости не хуже Rz 20. На данных образцах она хуже. Следовательно, необходимы иные средства измерений

Измерение параметров шероховатости (и дефектов) поверхностей исследуемых образцов с помощью водоизмерительной машины модели Micro. Vu Sol 165 сложно, но более результативно в сравнении с эталонными образцами. Необходимые сведения о технических возможностях такой водоизмерительной машины даны ранее в главе 2. Здесь приводятся лишь результаты исследований с её применением.

Вначале изложены результаты измерений тех дефектов, которые выше в данной главе названы условно «налипы». Затем будут изложены результаты измерений того, что чуть выше названо «рельефом поверхности».

На рисунке 4 дано фото, дающее общее представление об измерении на водоизмерительной машине как на мультисенсорной системе (слева – это сама водоизмерительная машина, справа от неё (за правой рукой исследователя) – дисплей с изображением объекта измерения.



Рисунок.4. Процесс измерения дефектов (предположительно – приваренная стружка) с помощью видео-измерительной машины модели Micro. Vu Sol 165 на поверхности образца алюминиевого сплава марки В95 [2]

**Четвертая глава посвящена** технические решения по повышению качества обработки на лентопильных станках

В предшествующих главах показано, что качество (шероховатость, волнистость и т.п. поверхностей, полученных на лентопильных станках, существенно различное в зависимости от того, какая пила использовалась, какой марки материал заготовки, какая форма заготовки, как заготовка установлена в станке, на каких режимах резания осуществлялся процесс резания. данной диссертационной работе не ставится задача установления зависимости качества поверхности от указанных параметров. Стоит иная

задача, а именно необходимо убедиться, что есть возможность получить и более высокое качество даже на этом

лентопильном станке в тех случаях, когда это необходимо. И если такая возможность имеется, то необходимо разработать мероприятия, позволяющие этого добиться. Под такими мероприятиями понимаются конструкторские и технологические решения.

### **Модернизация пилы путём наличия зуба для транспортирования стружки**

Указанные выше дефекты в виде «налипов» стружки на формируемые поверхности заготовки являются следствием разных причин.

В зависимости от условий эксплуатации может образовываться стружка разных типов.

На рисунок. 5. показаны примеры стружек, образовывавшихся в реальных условиях «Технопарка».

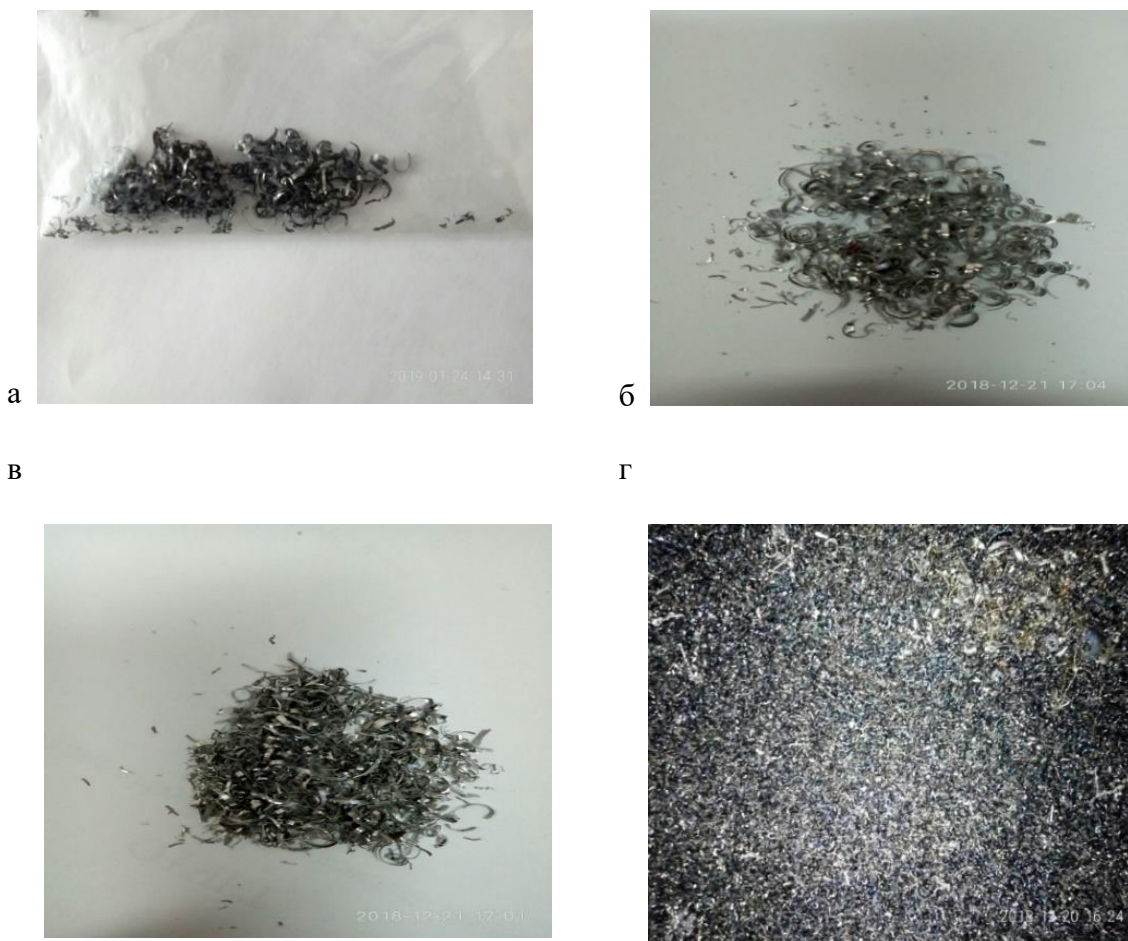


Рисунок. 5. Фотографии типов стружки: а – из титанового сплава марки ВТ22; б - стружки из алюминиевого сплава марки АК 4; в - стружки из алюминиевого сплава марки В 95; г – стружки из стали марки 45Х

В интернете имеются сведения об образовании и других типов стружек. Часть из них приведена на рисунок.6

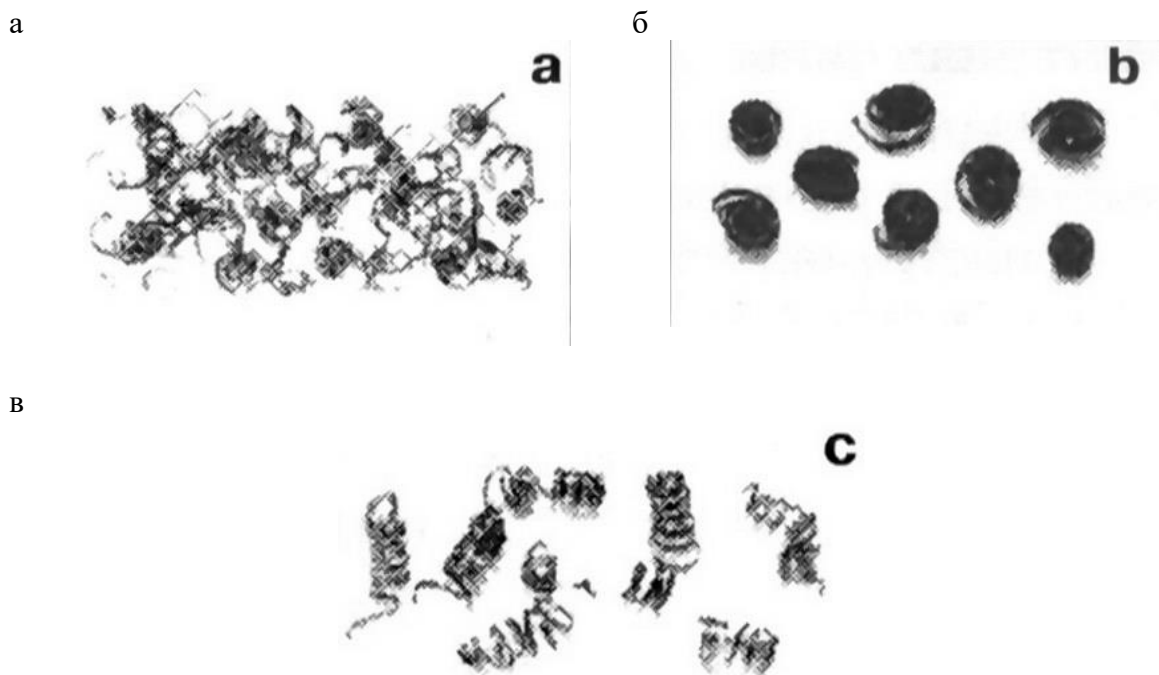


Рисунок.6. Типы стружки (заимствовано из интернета): а – тонкая дроблённая стружка; б – толстая и синяя стружка; в – тонкая стружка

### **Известные из интернета рекомендации сводятся к следующему**

1 Нужно стремиться к образованию спиральной стружки. Для этого следует правильно подобрать параметры режима резания и геометрические параметры пилы.

Выполнить данную рекомендацию затруднительно. Ведь очень многое зависит от свойств материала распиливаемой заготовки. А эти свойства могут существенно отличаться для разных материалов.

2 Если образуется стружка, показанная на рис. 6 а, то необходимо увеличить подачу пилы (скорость опускания пилы) или уменьшить скорость резания (скорость продольного перемещения П пилы).

3 Если образуется стружка, показанная на рис. 6. б, то необходимо уменьшить подачу пилы (скорость опускания пилы) и увеличить подачу смазывающе-охлаждающей жидкости.

4 Если образуется стружка, показанная на рис. 6. в, то это означает, что «забиты» щели между зубьями (запакетированы стружкой стружечные канавки между зубьями пилы), необходимо уменьшить подачу пилы (скорость опускания пилы) или применить пилу с большим размером зубьев.

Одной из причин является пакетирование стружки в стружечной канавке между зубьями. Это явление пакетирования вызвано тем, что при большой протяженности реза (при большой длине  $L$  пропила) объёма стружечной канавки недостаточно для размещения объёма образовавшейся стружки и поэтому она пакетируется, затрудняя дальнейшее резание.

Считаем возможным предложить техническое решение по конструкции пилы, в которой предусмотрен специальный зуб для вывода пакетирующейся стружки за пределы длины пропила.

На рисунок. 7 показан случай типового исполнения зубьев пилы.

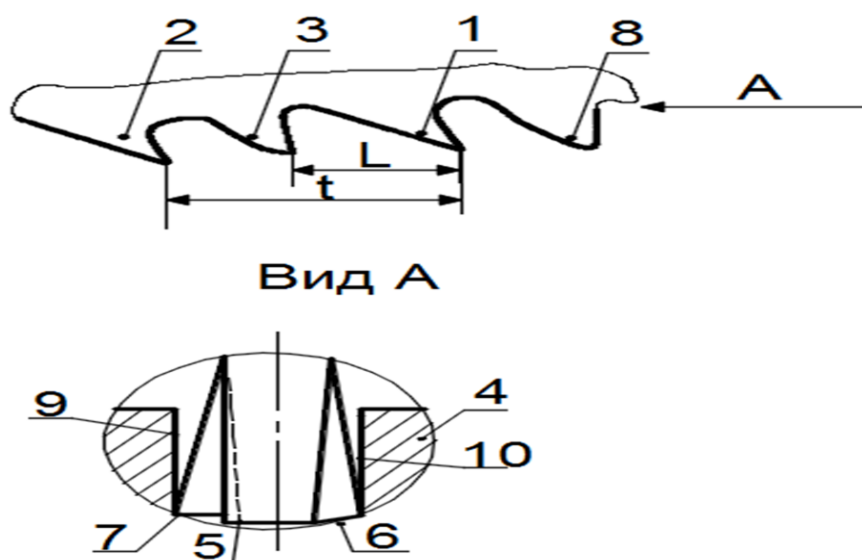


Рисунок. 7. Схематичное представление типовой конструкции пилы [2]

Зубья 1 и 2 (и т.д.) выполнены на полотне 3 пилы с шагом  $t$  с высотой зуба  $h$ . Зубья имеют некоторый передний угол  $\alpha$ . Полотно пилы имеет некоторую толщину  $S$ . Разводка зубьев пилы приводит к некоторой ширине  $W$  пилы (ширине пропила в материале заготовки). Режущая кромка 4 зуба 1 и режущая кромка 5 зуба 2 образуют пересечение, показанное на выноске I. Такое пересечение, не даёт возможности получить плоскую поверхность ЕЖ на дне прорези в материале заготовки 6. Вместо поверхности ЕЖ формируется многоступенчатая поверхность ЗИКЛМНО. Заострённость зубьев (угол заострения  $\beta$ ) приводит к образованию стружечной канавки (контур, охватываемый линией БВГД).

На рисунок.8. Показан вариант исполнения пилы со специальными зубьями для вывода стружки из пропила с целью исключения её пакетирования в стружечной канавке.

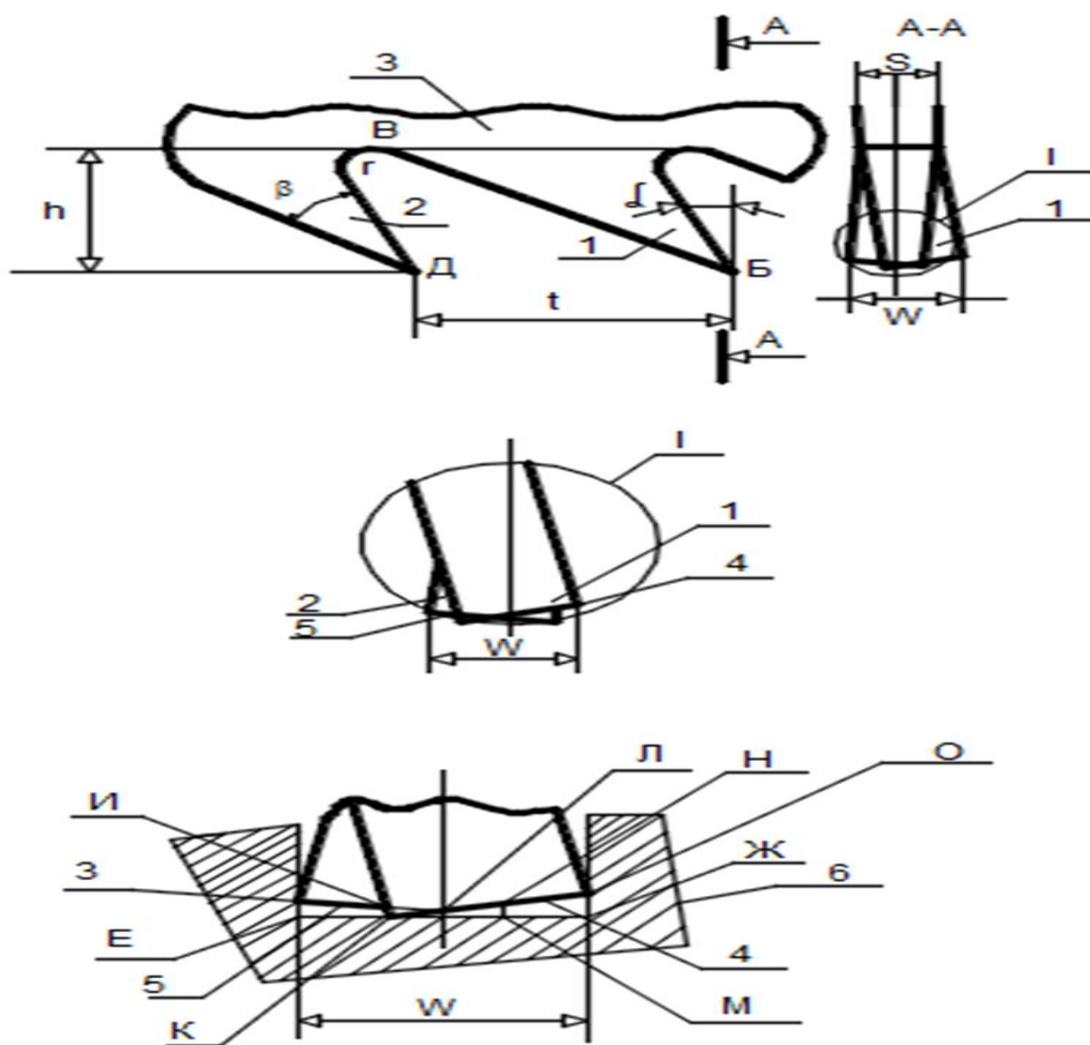


Рисунок. 8. Схематичное представление конструкции пилы с зубьями для вывода стружки из пропила [2]

Зубья 1 и 2 являются режущими (аналогичны тем, что показаны на рис.7). Между ними расположен зуб 3. Его основное назначение - вывод пакетирующейся стружки за пределы длины пропила. Вместе с этой функцией он осуществляет резание металла на дне пропила заготовки 4 своей режущей кромкой 5. Этот зуб не имеет развода, т.е. он расположен вертикально по виду А рисунка 9. Зубья 1 и 2 разведены в противоположенные стороны, т. е. режущие кромки 6 и 7 не параллельны между собой и не параллельны режущей кромке 5. Пусть высота зуба 3 будет такой же как и высота зубьев 1 и 2 (хотя это может быть и иначе). Из-за наличия зуба 3 шаг  $t$  между зубьями 1 и 2 существенно больше аналогичного шага между зубьями 1 и 2 пилы, представленной на рис. 4.3. Пусть зуб 3 отстоит от зуба 1 на расстоянии  $L$ . Зуб 3 может быть выполнен после каждого из режущих зубьев (позиция 8 на рис.8), хотя это может быть и иначе. Конфигурация и передний угол у зуба 3 (и зубьев 8) могут быть иными, чем у зубьев 1 и 2 в силу иных его функций.

Работа такой пилы во многом будет аналогична работе пилы, представленной на рис. 8, но отличие будет в том, что зуб 3 (и зубья 8) будут выталкивать стружку за пределы длины прорези в заготовке 4, что снизит вероятность или исключит возможность образования стружки, тип которой представлен на рис. 6 б и, тем самым, исключит образование дефектов типа «налипов» на формируемых при работе пилы поверхностях (или стенках паза) 9 и 10 заготовки 4.

### Модернизация зубьев по типу «волны»

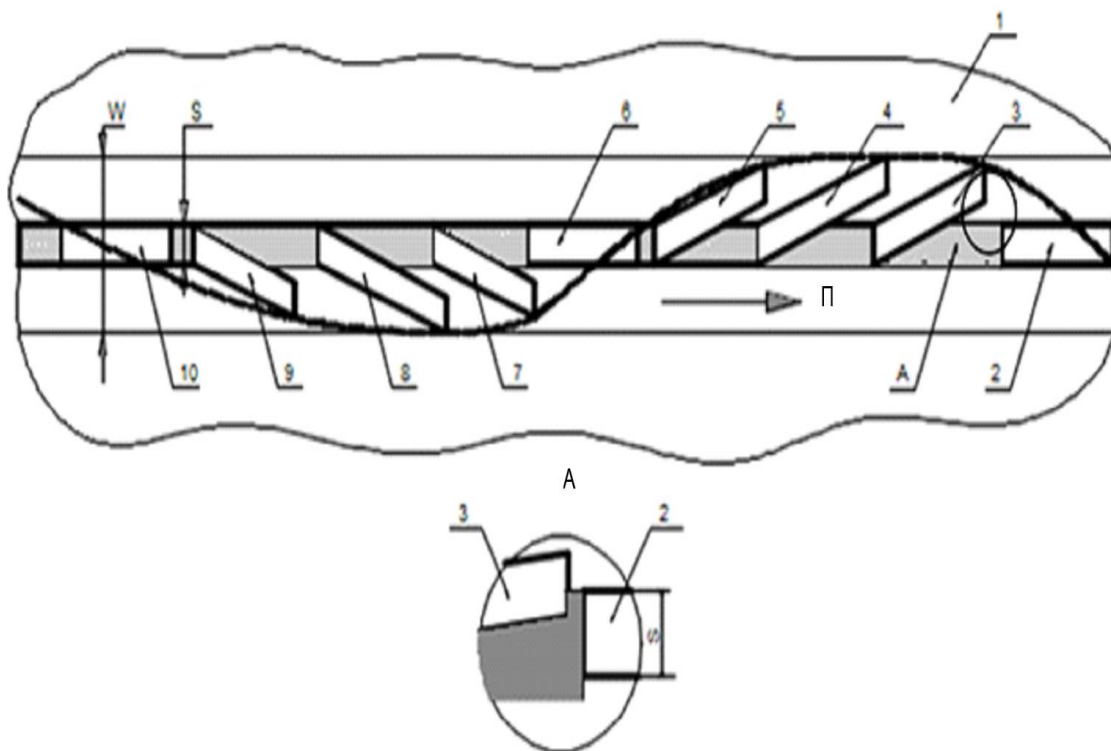


Рисунок 9. Схема волнообразного расположения зубьев пилы [2]

Обратимся к рисунку 9. Предположим, что на нём предпринята попытка изобразить схему волнообразного расположения зубьев при виде сверху на перевёрнутую пилу. Тенью (заливкой) предпринята попытка показать тело пилы толщиной  $S$ . Отогнутые (разведённые) в стороны от тела пилы светлые элементы – это зубья пилы. При движении пилы в направлении  $\Pi$  зубья могут сформировать пропил шириною  $W$  в материале заготовки 1 (контур заготовки и пропила показаны условно).

Пусть зуб 2 выполнен без развода. Следующий за ним зуб 3 разведён в сторону на столько, чтобы частично перекрывать след от реза зубом 2 (смотри А). Зуб 4 разведён ещё больше в ту же сторону, куда разведён зуб 3 и также с перекрытием следа от зуба 3. Зуб 5 разведён в ту же сторону, но на меньшую величину, чем зуб 4. Зуб 6 расположен так же, как и зуб 2. Зуб 7 разведён в сторону, противоположенную зубу 3 на такую же величину.

Зуб 8 аналогичен зубу 4, но разведён в противоположенную сторону. Зуб 9 аналогичен зубу 5, но разведён в противоположенную сторону. Зуб 10 аналогичен зубьям 6 и 2.

В определённой мере можно представить себе, что режущие кромки зубьев лежат на некоторой волнообразной кривой, показанной штриховой линией.

Такая конструкция пилы тоже реализует «генераторную» схему резания. Она тоже позволяет снизить (или исключить) вероятность образования дефектов типа «налипов».

## **Выводы:**

1 Проведён Литературный обзор на тему диссертации.

Определенно оборудование данного типа станки **I, II, III и IV** класса, и выделенный характеристики этих типов.

2 Выводы по метрологическому обеспечению исследований

Предложенные к использованию технические средства, приборы, оборудование и т.д. позволяют достичь поставленную цель и решить стоящие в исследовании задачи.

Используемые приборы разрешены к применению на территории РФ.

Используемые технические средства прошли поверку

3. У соискателя нет возможности использовать те материалы заготовок, те формы заготовок, те типы пил, которые ему предпочтительны для исследования. В силу этого исследования ограничены тем, что было в наличии из перечисленного.

Вопросы метрологического обеспечения для заготовительных производств машиностроительных предприятий не присутствуют в государственной технической политике. Это приводит к безвозвратным потерям материалов на припуски под последующую механическую обработку заготовок, приводит к низкому качеству поверхностей заготовок.

Для поверхностей, образованных на лентопильном оборудовании, эта проблема ещё более значима для отечественного производства, отсутствуют даже эталоны для визуальной сравнительной оценки шероховатости таких поверхностей.

4. Наиболее эффективным по снижению вероятности образования дефектов типа «налипов» могут оказаться решения, в которых не все зубья выполнены разведёнными. Примеры таких решений показаны на рисунках. 9.

Каждое из предложенных решений является логическим завершением цепочки «выявление дефектов – их измерение – выявление причин появления дефектов – разработка решений по снижению вероятности появления дефектов – разработка рекомендаций по применению созданных решений». Основоположник метрологии Ломоносов сказал «Метрология начинается там, где начинают измерять». Есть основания добавить к этому следующее «Обнаружил и измерил дефект – разработай меры по устранению причин его появления, это и будет прикладной стандартизацией».



Таким образом, показана возможность следующей триады «Измерил дефект – разработал меры по его предупреждению – доведи эти меры до стандартных действий».

### **Список опубликованных работ студента:**

1.Рахмонов С.С., Назаров У.А., Виноградов С.В. Неопределенность измерений // К-н-А. ФГБОУ ВО КНАГУ. С. 142-143. 2018 г.

2.Рахмонов С.С., Мокрицкий Б.Я. Результаты исследования качества поверхностей, образованных на лентопильном станке // К-н-А. ФГБОУ ВО КНАГУ. С. 56-59. 2019 г.