

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование силовых зависимостей при алмазном выглаживании

УДК ____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Шулинина Ю. И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М. И.	К.х.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТАМП	Арляпов А.Ю.	К.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	
Профессиональные компетенции		
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения	
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа	
Общекультурные компетенции		
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства	
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.	

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Арляпов А. Ю.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович

Тема работы:

Разработка конструкции, технологии изготовления и исследование стойкости сборной концевой фрезы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	

Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Червач Ю.Б.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Ю. И.
Социальная ответственность	Пустовойтова М. И.
Исследовательский (на англ. яз.)	Степура С. Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа _____ с., _____ рис., _____
табл., _____ источников, _____ прил.

Ключевые слова: _____

Объектом исследования является (ются) _____

Цель работы – _____

В процессе исследования проводились _____

В результате исследования _____

Основные конструктивные, технологические и технико-
эксплуатационные характеристики: _____

Степень внедрения: _____

Область применения: _____

Экономическая эффективность/значимость работы _____

В будущем планируется _____

Оглавление

Введение.....	9
1. Литературный обзор	10
1.1. Обработка методами поверхностно пластического деформирования.....	10
1.2. Технология алмазного выглаживания.....	13
1.3. Методы измерения сил	17
1.4. Трение в зоне контакта при выглаживании.....	21
2. Исследование силовых зависимостей при алмазном выглаживании.	25
2.1. Жесткая оправка для наружного алмазного выглаживания	27
2.1.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра.....	29
2.1.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	30
2.2. Динамометрическая оправка для наружного алмазного выглаживания.....	32
2.2.1. Горизонтальное расположение динамометрической оправки ...	34
2.2.2. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра.....	34
2.2.3. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	35
2.2.4. Вертикальное расположение динамометрической оправки	37
2.2.5. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра.....	37
2.2.6. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	38
2.2.7. Силовые зависимости усилия выглаживания при разнонаправленном движении	39
2.3. Пневматическая оправка для наружного выглаживания	42
2.3.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра.....	44
2.3.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	44
2.3.3. Силовые зависимости усилия выглаживания при разнонаправленном движении	46

2.4. Пневматическая оправка на пружинах для наружного выглаживания	48
2.4.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра	50
2.4.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	51
2.5. Пневматическая оправка на пружинах для внутреннего выглаживания	52
2.5.1. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	54
2.6. Динамометрическая оправка для внутреннего выглаживания	55
2.6.1. Тарировка оправки жесткой оправки для внутреннего выглаживания	57
2.6.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения	60
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	63
3.1 Предпроектный анализ	64
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
3.1.2 SWOT-анализ.....	65
3.2 Инициация проекта.....	68
3.2.1 Цели и результат проекта	68
3.2.2 Организационная структура проекта	69
3.2.3 Ограничения и допущения проекта	70
3.2 План проекта	71
3.3 Бюджет научного исследования	74
3.4 Накладные расходы.....	79
3.5 Матрица ответственности.....	80
3.6 Реестр рисков проекта.....	81
3.7 Оценка экономической эффективности проекта	81
3.8 Оценка научно-технического уровня НИР	82
4. Социальная ответственность	88
4.1 Анализ опасных и вредных факторов	88
4.2 Производственная санитария	89
4.2.1 Расчёт достаточной площади и объёма помещения	90

4.2.1	Микроклимат в помещении	91
4.2.2	Виброакустические факторы	93
4.2.3	Исследование освещенности рабочей зоны	93
4.2.4	Охрана окружающей среды	95
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
	Заключение	101
	Список литературы	102
	Приложение А	105

Введение

Сейчас существует различное число способов алмазного выглаживания и есть целый ряд оправок различных конструкций для этого. Сам процесс описан в множестве книжек и имеет множество статей. Но ни где не описан процесс начала движения при алмажном выглаживании, то есть «страгивании». При этом процессе происходит преодоление силы трения покоя, происходит отгиб инструмента, есть влияние системы СПИД. Все это сказывается на обработанной поверхности и ресурсе алмазного наконечника.

При начале движения при алмажном выглаживании происходит скачок силы и нужно разобраться как это может повлиять на сам процесс. Нужно изучить схему начала движения. Так же проверить влияние смазки на данный процесс, так как существуют методы выглаживания бес смазочного материала. Влияние радиуса индентора на форму канавки. Произвести выглаживание различных материалов.

Поставлена цель исследовать влияния конструкций различных оправок на силовые зависимости при алмажном выглаживании.

1. Литературный обзор

1.1. Обработка методами поверхностно пластического деформирования

Анализ отказов деталей машин в процессе эксплуатации показывает, что в большинстве случаев разрушение начинается в поверхностном слое по двум причинам: из-за усталостного разрушения и превышения допустимого уровня износа.

В процессе действия на деталь переменных напряжений в металле происходит накопление повреждений, что приводит к образованию усталостной трещины. Скорость развития усталостной трещины зависит от характера микрорельефа, параметров деформационного упрочнения, знака и уровня остаточных напряжений.

Из-за возникновения наибольших циклических напряжения при кручении, изгибе, при наличии концентрации различных дефектов поверхности и напряжений происходит образование усталостной трещины, которое начинается с поверхности. Поэтому качество обработки поверхности оказывает важное воздействие на сопротивление усталости, особенно для высокопрочных сталей.

Качество изделий, эксплуатационные свойства деталей машин и надежность их работы в значительной степени зависят от технологии их изготовления и, в особенности, от технологии чистовой и отделочной обработки, в процессе которых формируется поверхностный слой деталей.

Методы поверхностного пластического деформирования вызывают большой интерес связанный с возможностью объединения эффектов отделочной и упрочняющей обработки в один процесс. Обработка пластическим деформированием может заменить тонкое точение с шлифованием. На основе научных исследований Клепикова было доказано

одно из важных преимуществ ППД это повышение способности сохранять свою работоспособность в течении определенного времени или эксплуатационной надежности обработанных деталей. Достижение повышенных эксплуатационных свойств происходит главным образом благодаря: упрочнению поверхностного слоя, формирования в слое благоприятного напряженно-деформированного состояния, и за счет высокой степени отделки поверхности [2].

На основании множества известных примеров практической реализации методов ППД можно прийти к выводу, что они внедрены по большей части в мелкосерийном производстве и для ответственных деталей, с повышенными требованиями по усталостной прочности, и т.д. (авиастроение, энергомашиностроение) [2].

Существуют различные методы пластического деформирования поверхностных слоев, условно делящихся на две группы. В первую группу входят такие способы, предполагающие, создание от инструмента деформационного усилия с помощью непрерывного контакта с деталью, второй группе принадлежат способы, при которых деталь подвергается ударным действиям рабочими телами или инструментом. Совокупность основных процессов и влияние на обработанную поверхность металла объединяет эти две различные группы методов ППД [2].

Один из главных результатов поверхностного пластического деформирования это образование остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое металла. В процессе выглаживания поверхностный слой увеличивается в объёме, но ему препятствует нижний слой и из за чего он испытывает под действием остаточных напряжений сжатие. Применение ППД изменяет микрорельеф поверхности повышая твердость поверхностного слоя, предел текучести и сопротивление отрыву.

Изменения происходят посредством движения, размножения и взаимодействия дефектов кристаллов (дислокации, дефекты упаковки, скопления точечных дефектов и др.). Существует одиннадцать возможных

механизмов пластической деформации, которые можно подразделить на три основные группы. В первую группу входят сдвиговые процессы, во вторую - диффузионные, в третью - процессы пластической деформации, вызванные относительным перемещением зерен, блоков зерен и границ, или так называемые периферийные процессы.

Обработке ППД могут подвергаться поверхности с концентраторами напряжений. Концентраторами напряжений являются отверстия и пазы. В обоих случаях эффективность упрочнения приблизительно равна и может быть определена режимами обработки в зоне концентраций напряжений

Процесс ППД нуждается в контроле режимов обработки и силовых параметров. Стабильность и качество поверхностного упрочнения достигается за счет соблюдения режимов обработки. Форму и размеры деталей контролируют с учетом возможного коробления поверхностей (например, изменения диаметра упрочнению отверстия по длине).

Одним из наиболее известных и эффективных методов финишной обработки деталей ППД является алмазное выглаживание, применяемое для упрочнения точных и высоконагруженных деталей.

Методу выглаживания посвящены ряд исследований (работы Г. И. Чекина, Э. Г. Грановского, М. М. Иоффе, Л. И. Маркуса, В. М. Смелянского, Я.И. Бараца, Л. А. Хворостухина и других). Алмазное выглаживание сопоставимо с такими методами отделочной обработки, как суперфиниш, хонингование, полирование, тонкое шлифование, тонкое точение, обработка роликами и шариками. Вопрос о целесообразности применения выглаживания вместо других методов отделочной обработки необходимо решать в каждом конкретном случае с учетом как технических требований к обрабатываемой поверхности и необходимой производительности, так и получаемой надежности обработанных деталей.

1.2. Технология алмазного выравнивания

Алмазное выравнивание благодаря существенным преимуществам, связанным с физико-механическими свойствами алмаза получило широкое применение. Низкий коэффициент трения по металлу алмаз имеет благодаря высокой твердости и теплопроводности. Для достижения низкой шероховатости выровненной поверхности рабочая поверхность алмаза может быть отполирована до $R_z = 0,025-0,063$ мкм. Главной отличительной чертой алмазного выравнивания в отличие от обкатывания является возможность обрабатывать детали с весьма высокой твердостью. Из-за малых площадей контакта инструмента и детали сила выравнивания находится в пределах 50-300 Н, что позволяет обрабатывать нежесткие детали (тонкостенные втулки и валы) [2].

Для выравнивания используют несложные приспособления, устанавливаемые на универсальных станках.

При использовании алмазного выравнивания происходит образование поверхностного слоя вследствие пластической деформации обрабатываемой поверхности. Контактное давление образуется под воздействием радиальной силы, которая действует между поверхностью алмаза и деталью. Если величина контактного давления выше предела текучести, то в тонком поверхностном слое возникает пластическая деформация, которая приобретает специфическую волокнистую структуру, при этом исходная кристаллическая решетка искажается.

Исходное структурное состояние различных материалов влияет на эффективность алмазного выравнивания. При пластическом деформировании деталей из стали 45 видно, что интенсивно происходит образование деформации в феррите, и не интенсивно — в перлите в следствии блокирования ее хрупкими цементитными пластинами [6].

При алмажном выравнивании [9] происходят структурные и фазовые превращения. В деталях из низкоуглеродистой стали в следствии

выглаживания увеличивается концентрация атомов углерода на поверхности в 1.5-2 раз в сравнении с шлифованием [9].

Высокая эффективность упрочнения мартенситной структуры и увеличение предела выносливости по сравнению с сорбитной при поверхностной пластической деформации [1] объясняется более высокой плотностью дефектов, образующихся при деформировании стали с большим содержанием углерода в твердом растворе, а также дополнительным упрочняющим влиянием взаимодействия дислокаций с атомами углерода в мартенсите.

Упрочнение металла при алмазном выглаживании, согласно теории дислокаций [5], происходит в концентрации дислокаций около линии сдвигов, а так как дислокаций окружены полями упругих напряжений, то для следующих пластических деформаций (перемещений дислокаций) требуется большее напряжение, чем в неупрочненном металле. Деформационное упрочнение сопровождается уменьшением плотности металла пропорционально степени пластической деформации, что объясняется увеличением числа дислокаций и вакансий.

Пластическая деформация сопровождается упрочнением поверхностного слоя, в результате которого понижается пластичность и увеличивается твердость материала. На некоторой глубине пластические деформации переходят в упругие и на достаточном удалении от поверхности становятся равными нулю. Вследствие неравномерности деформаций по глубине упруго пластически деформированного слоя при алмазном выглаживании образуются остаточные напряжения, величина и характер залегания которых зависят от режимов и условий выглаживания.

Необходимо отметить существенную особенность процесса формирования поверхностного слоя при алмазном выглаживании по сравнению с методами обработки со снятием стружки. При алмазном выглаживании возрастает роль технологической наследственности по физико-механическим характеристикам поверхностного слоя. Если при использовании других видов

обработки с поверхности детали полностью или частично удаляется слой металла, деформированный на предшествующей операции, то при алмазном выглаживании этот слой не удаляется, а претерпевает дополнительную упругопластическую деформацию. Величина и глубина проникновения этой дополнительной деформации зависит от знака, величины и характера залегания ранее наведенных остаточных напряжений.

Существует два способа выглаживания – с жестким и упругим закреплением инструмента.

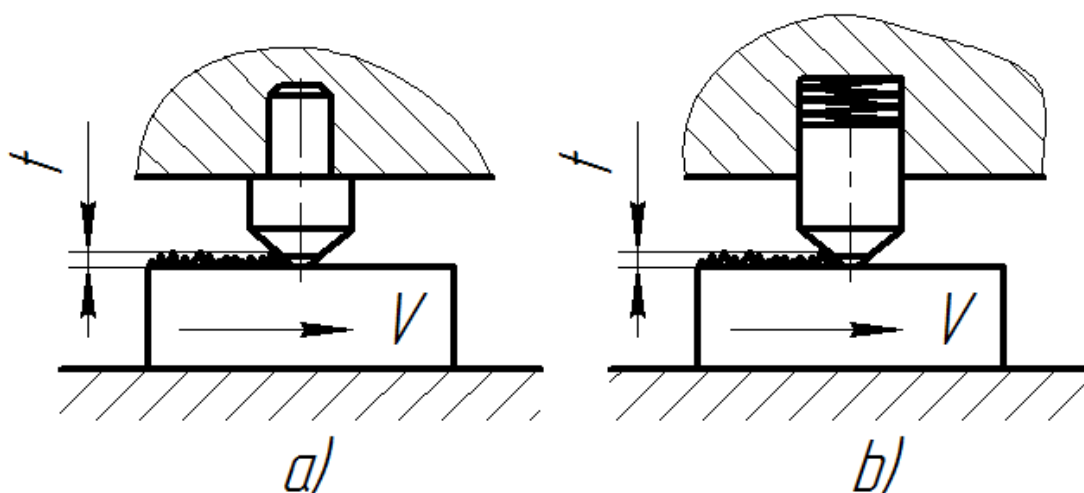


Рисунок 1.1 – Алмазное выглаживание при жестком (а) и упругом (б) закреплении инструмента

Выглаживание с жестким закреплением инструмента. При этом способе осуществляется жесткая кинематическая связь между инструментом и деталью, так же, как, например, при точении. Выглаживатель закрепляют на станке подобно резцу, и положение его относительно обрабатываемой детали определяется только кинематикой станка и упругостью системы СПИД. При обработке выглаживатель внедряется в обрабатываемую поверхность на определенную величину, которая зависит от пластичности обрабатываемого материала, шероховатости поверхности и радиуса выглаживателя и колеблется от нескольких микрон до нескольких сотых миллиметра.

Возможность повышения точности размеров и формы обрабатываемой детали путем перераспределения объемов пластически деформируемого

металла и возможность обработки прерывистых поверхностей является достоинством этого способа. Однако при жестком закреплении выглаживателя из-за биения обрабатываемой детали величина внедрения выглаживателя и, следовательно, сила выглаживания могут колебаться в значительных пределах. В результате неравномерного давления на обрабатываемую поверхность последняя имеет неодинаковую шероховатость и неоднородна по физико-механическим свойствам. Поэтому при жестком выглаживании предъявляются высокие требования к жесткости и точности установки деталей и инструмента.

Основным технологическим параметром выглаживания с жестким закреплением инструмента является глубина внедрения выглаживателя в обрабатываемую поверхность, которую необходимо устанавливать при настройке станка. Оптимальная глубина внедрения по данным Ф. В. Турина и В. М. Смелянского [11] составляет $t = 1,1-1,3 R_{z_{\text{исх}}}$, где $R_{z_{\text{исх}}}$ — высота неровностей обрабатываемой поверхности. Так, при выглаживании поверхности 7-го класса оптимальная глубина внедрения составляет 5—10 мкм.

Выглаживание с жестким закреплением выглаживателя можно порекомендовать для обработки особо точных деталей на станках повышенной точности за одну установку с предшествующей обработкой, либо одновременно с предшествующей обработкой (например, одновременное точение и выглаживание).

Выглаживание с упругим закреплением инструмента - более простой и удобный способ. При этом способе выглаживания инструмент упруго прижимается к обрабатываемой детали с помощью пружины или иным способом. Сила прижатия выглаживателя к детали, зависящая от пластичности обрабатываемого материала, шероховатости поверхности и радиуса выглаживателя, легко контролируется и поддерживается постоянной в процессе обработки. При этом нет жесткой кинематической связи между деталью и выглаживателем, и положение последнего относительно детали определяется самой; обрабатываемой поверхностью.

При упругом закреплении выглаживателя погрешности формы детали копируются и не исправляются. Происходит только сглаживание шероховатости поверхности и ее упрочнение. Достоинством этого способа выглаживания является простота настройки и сравнительно невысокие требования к точности и жесткости станков и обрабатываемых деталей.

Наиболее широкое распространение в промышленности получило выглаживание с упругим закреплением инструмента. Выглаживание производится на обычных универсальных и специальных станках — токарных, расточных, строгальных, агрегатных и др.

Выглаживание фасонных поверхностей вращения производится по трем схемам: а) по копиру; б) с постоянным прижимом выглаживателя к обрабатываемой поверхности с помощью груза; в) в результате упругого контакта выглаживателя с обрабатываемой деталью [12].

1.3. Методы измерения сил

При выглаживании сила P раскладывается на составляющие: нормальную P_y , тангенциальную P_z и силу подачи P_x . Величина сил выглаживания зависит от радиуса формы рабочей части выглаживателя, пластичности и шероховатости обрабатываемой поверхности, от глубины внедрения выглаживателя, подачи и др. Исследованиями установлено, что основной силой, создающей необходимое давление в зоне контакта инструмента с деталью, является нормальная составляющая P_y . Составляющие P_z и P_x в 10-20 раз меньше P_y [15]. Поэтому в качестве силы выглаживания принимают P_y .

При выглаживании фасонных поверхностей деталей (деталей с переменным радиусом), различают следующие виды конструкции оправок: динамометрические (в качестве силового элемента используется плоская пружина); пружинные (силовой элемент - винтовая пружина); гидравлические (силовой элемент — энергия сжатой жидкости в гидроцилиндре);

пневматические (силовой элемент – энергия сжатого воздуха) и другие – имеют ряд недостатков, приводящих к значительному колебанию силы выглаживания P_y в процессе обработки.

При выглаживании микронеровностей относительно малой высоты их деформирование осуществляется осадкой с преобладанием сжимающих напряжений. По этой причине даже при значительном увеличении силы выглаживания ресурс пластичности достаточно велик. Если высота неровностей профиля относительно велика их деформирование в большей степени осуществляется изгибом, и в меньшей – осадкой. В результате деформации изгиба преобладают растягивающие напряжения, снижающие ресурс пластичности сплава и уменьшающие его сопротивление деформированию. Поэтому увеличение силы выглаживания сверх оптимальной величины приводит к исчерпанию ресурса пластичности материала детали и проявляется в виде «шелушения» ее поверхности – увеличения шероховатости по сравнению с выглаживанием оптимальной силой [16].

Для получения деталей с необходимым качеством поверхностного слоя необходимо постоянство силы выглаживания. Для фиксирования силовых изменений используются динамометры. Динамометр состоит из силового звена (упругого элемента) и отсчетного устройства. В силовом звене усилие вызывает деформацию, которая непосредственно или через передачу сообщается отсчетному устройству. По принципу действия различают динамометры механические (пружинные или рычажные), гидравлические и электронные. Иногда в одном динамометре используют два принципа.

Существует два вида механических динамометров: пружинный и рычажный. В пружинном динамометре сила или момент силы передается пружине, которая в зависимости от направления силы сжимается или растягивается. Величина упругой деформации пружины пропорциональна силе воздействия и регистрируется. В рычажном динамометре действие силы деформирует рычаг, величина деформации которого после регистрируется.



Рисунок 1.2 - Механический динамометр

Действие гидравлического динамометра основано на вытеснении измеряемой силой жидкости из цилиндра. Под давлением жидкости поступает по трубе к записывающему аппарату и регистрируется. Недостатком гидравлических динамометров является их недостаточная чувствительность при малых усилиях (меньше 100 кг), а также, склонность к вибрациям. Гидравлические динамометры вследствие своей громоздкости и большой инерционности применяются редко; они непригодны для исследований мгновенных значений сил.

Электрический динамометр состоит из датчика, который преобразует деформацию от воздействия силы в электрический сигнал, и дополнительного датчика, который усиливает и записывает электрический сигнал первого датчика. Для преобразования силы или момента силы в деформацию используются индуктивные, пьезоэлектрические, тензорезисторные и вибрационно-частотные датчики сопротивления. Под действием силы датчик деформируется и токи моста сопротивления изменяются. Сила электрического сигнала прямо пропорциональна деформации элемента и в итоге силе воздействия.

Самым распространенным способом измерения усилий и сил резания является тензометрия. Физически метод основан на деформации измерительного элемента под нагрузкой и изменении его электрического сопротивления. Как правило, измерительный элемент входит в измерительный

мост, и по измерению напряжения в измерительном мосте, вследствие изменения электрического сопротивления измерительного элемента, можем судить о приложенной силе. Существующие динамометры имеют очень большие габаритные размеры и требуют замены резцедержателя на соответствующее приспособление, а также обладают инертностью. Другим вариантом таких устройств являются модифицированные узлы станочного оборудования, которые отслеживают деформацию станины станка или нагрузку на шпиндельный узел либо на узел подачи [13, 14]. Но такие устройства требуют существенной доработки станков и не дают достаточной точности при измерении малых сил.

Так же известны устройства использующие при измерении свойства прямого пьезоэффекта. Пьезоэлектрическая система измерения силы значительным образом отличается от других методов. Силы, воздействующие на кристалл кварца, пропорциональны электрическому заряду, возникающему при этом. Сжатие чувствительного элемента составляет немногие тысячные доли миллиметра. Кварцевые динамометры - очень жёсткие системы. Благодаря высоким собственным частотам они способны точно измерять даже очень быстрые процессы. Кварцевые пьезодатчики силы не нуждаются в установке нулевого значения - они сразу готовы к измерениям “нажатием кнопки”.



Рисунок 1.3 - Внешний вид трехкомпонентного динамометра, использующий пьезоэлектрический принцип измерения сил

Такие устройства лишены такого большого недостатка как инертность, большую жесткость, огромный диапазон измерения, линейность и отсутствие гистерезиса.

Для измерения сил резания также используют индуктивные приспособления [13]. Недостатком таких приспособлений есть возможность измерять только статические нагрузки. Существуют также индукционные приспособления для сил резания, которые позволяют измерять силы в динамике, но такого типа устройства не позволяют измерять большие усилия и имеют малый диапазон измерений.

1.4. Трение в зоне контакта при выглаживании

Внешнее трение твёрдых тел – сложное явление (зависит от многих процессов) протекающее на границе раздела в зонах фактического контакта и тонких поверхностных слоях этих тел при относительном тангенсальном

перемещении их. Под силой трения T принимают силу сопротивления относительному перемещению твердых тел, направленную противоположно этому перемещению. Величина силы внешнего трения зависит от перемещения твердых тел в тангенсальном направлении, поэтому в зависимости от этого перемещения различают силу внешнего трения покоя, неполную силу внешнего трения покоя и силу внешнего трения движения [18].

Общая сила внешнего трения равна сумме двух составляющих молекулярной T_m и деформационной T_d :

$$T = T_m + T_d$$

Молекулярная и деформационная составляющие силы трения взаимно связаны и арифметическое сложение при определении общей силы трения можно использовать в качестве первого приближения [18].

Качество поверхностей обработанных выглаживанием деталей в значительной степени зависит от характера взаимодействия материала детали и инструмента в зоне контакта. Увеличение коэффициента трения ведет к интенсивному изнашиванию инструмента появлению налипания металла на алмаз (при выглаживании титановых сплавов) и снижению качества обработанных поверхности [10].

В соответствии с молекулярно-механической теорией трение при алмазном выглаживании возникает вследствие упругопластического деформирования тонкого слоя материала внедрившимся инструментом и преодолении адгезионных связей между ним и обрабатываемой поверхностью.

Коэффициент трения при алмазном выглаживании зависит от свойств материала, силы выглаживания, радиуса алмаза, формы и особенностей контакта, а так же адгезионных связей между инструментом и обрабатываемой поверхностью. Коэффициент трения f при выглаживании включает в себя деформацию $f_{\text{деф}}$ и адгезионную $f_{\text{адг}}$ составляющие.

$$f = f_{\text{деф}} + f_{\text{адг}}$$

Деформационная составляющие коэффициента трения

$$f_{\text{деф}} = k\sqrt{h/R}$$

где k - коэффициент, зависящий от параметра опорной поверхности; h и R –соответственно глубина внедрения инструмента и радиус его рабочей части.

При алмазном выглаживании адгезионное трение является доминирующим. Адгезионная составляющая коэффициента трения для большинства материалов лежит в пределах $f_{\text{адг}} = 0,035-0,05$ и зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и его параметров шероховатости. Адгезионная составляющая не зависит от силы выглаживания и радиуса алмаза. Необходимо отметить, что уменьшение адгезионной составляющей в значительной мере способствует обязательное применение СОЖ при алмазном выглаживании [10].

Адгезионную составляющую коэффициента трения можно определить экспериментально, как отношение величины касательных напряжений τ_n к величине нормальных напряжений σ_n , возникающих в зоне контакта, или путем вычитания деформационной составляющей из коэффициента трения. Величина деформационной составляющей колеблется от 15 до 40%. При алмазном выглаживании твердых материалов величина f имеет меньшее значение, чем при выглаживании мягких материалов. Отмечается также уменьшение адгезионной составляющей коэффициента трения при выглаживании инструментом из синтетических корундов [17].

Зависимость коэффициента трения от силы при алмазном выглаживании показана на рис. 1.4. Исходный параметр шероховатости всех образцов $Ra=1,5-2,0$ мкм. Характер зависимости для всех материалов одинаков, величина оптимальной силы, при которой рост коэффициента трения прекращается, для различных материалов имеет разное значение. В зависимости от твердости материала, оптимальная нагрузка, при которой

вследствие упрочнения, дальнейшее внедрение инструмента в выглаженную поверхность становится затруднительным, будет различна [12].

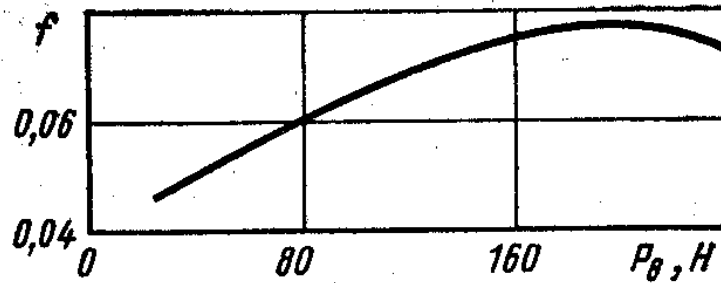


Рисунок 1.4 - Зависимость коэффициента трения от силы выглаживания

Так как с увеличением твердости глубина внедрения инструмента уменьшается, $f_{деф}$ и, соответственно, f так же уменьшается.

Обязательное применение СОЖ при алмазном выглаживании дает значительное снижение коэффициента трения, повышает стойкость инструмента, улучшает шероховатость обработанной поверхности. Наибольший эффект дает применение консистентных смазок и графитовой смазки АССУ [18], масла И-20А и сульфифрезола.

2. Исследование силовых зависимостей при алмазном выглаживании.

При алмазном выглаживании деталей с круглым профилем сила выглаживания может изменяться и менять направление при использовании различных конструкций оправок. При изменении направления силы изменяется и трение о поверхность, а это влияет на износ инструмента. Производить алмазное выглаживание можно как с начала движения детали так и в процессе ее движения.

Во процессе обработки осевых деталей нельзя не как избежать перемещений индентора. На это может влиять радиальное биение. Алмазный наконечник за один оборот может совершать колебания назад и вперед. В процессе этого происходят схватывания инструмента. Это происходит так быстро, что визуально этого не заметить, а приборами трудно зафиксировать и может сильно повлиять на параметры поверхности детали. Тоже самое происходит при начале движения. Возникает скачок составляющей силы выглаживания направленной против хода движения индентора, а то есть силы трения. Данный случай можно экспериментально зафиксировать. В теории сила должна возрасть, но теория написана для случаев с жесткой оправкой. Необходимо воспроизвести процесс с отличными от жесткой конструкции оправками.

В качестве оборудования для эксперимента используем токарный винторезный станок 1К62. Для всех экспериментов используем индентор с синтетическим алмазом радиуса R1,5 мм. Для сравнительных экспериментов использовалась деталь прутки из материала 12Х18Н10Т для наружной обработки. Деталь устанавливается в центрах на станок. Во избежание радиального биения наружная поверхность детали протачивается. Для внутренней обработки используется деталь с отверстием из материала Д16Т. Вместо резцедержателя устанавливается трёхкомпонентный динамометр 5233А1 фирмы «Kistler», а на непосредственно на него закрепляются различные

оправки с алмазным наконечником. Ось выглаживателя должна точно совпадать с осью центров станка. Для выглаживания со смазочной жидкостью используется индустриальное масло И-20.

В процессе алмазного выглаживания на токарном станке происходит два движения, это движение вращения детали и движение подачи. Для изучения процесса необходимо разделить их на: движение вращения прямое – вращение шпинделя станка прямое; движение вращения обратное – вращение шпинделя станка обратное; движение подачи продольное прямое – направление продольной подачи прямое или на лево; движение подачи продольное обратное – направление продольной подачи обратное или на право. Схема движения изображена на рисунке 1.

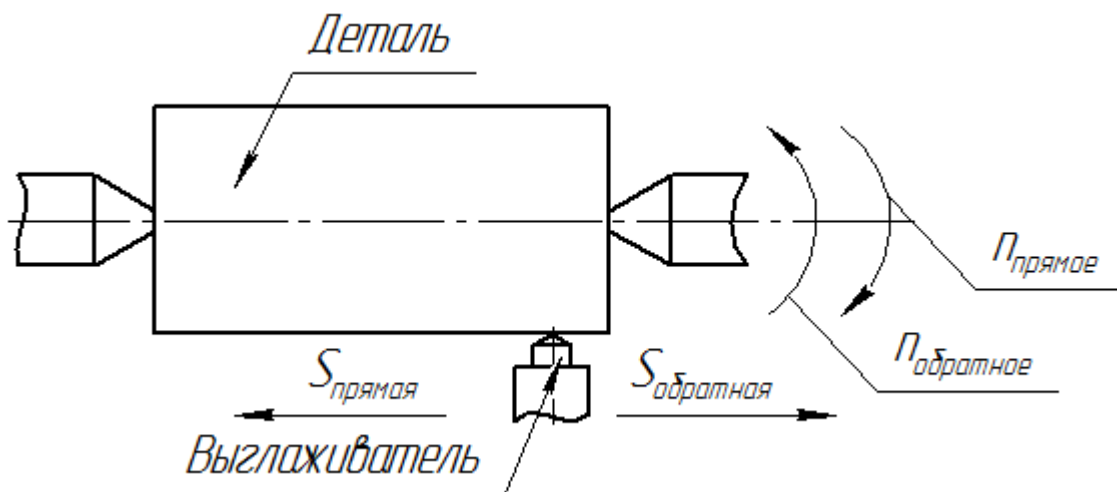


Рисунок 1 – Схема движений

Для изучения начала движения перемещения осуществляются вручную вращение шпинделя и вручную перемещение суппорта. Все изменения сил будут записываться на компьютер. Для заметной индикации между действиями всегда осуществляется временная пауза.

При сравнении различных конструкций оправок использовались следующие оправки для наружного выглаживания: а) жесткая оправка; б) динамометрическая оправка (силовой элемент - плоская пружина с демпфером) в) пневматическая оправка (силовой элемент – сильфон со сжатым воздухом) с ресивером; г) оправка пневматическая (силовой элемент – сильфон со сжатым

воздухом) уна плоских пружинах с ресивером; и для внутреннего выглаживания: д) динамометрическая оправка; е) оправка пневматическая (силовой элемент – сильфон со сжатым воздухом) на плоских пружинах с ресивером.

2.1. Жесткая оправка для наружного алмазного выглаживания

Жесткая оправка относится к разделу выглаживания с жестким закреплением инструмента. При жестком закреплении выглаживателя за счет перераспределения объёма пластически деформируемого металла можно повысить точность размеров и формы обработанной детали. Так же есть возможность обрабатывать прерывистые поверхности. При жестком выглаживании негативно влияет биение детали на силу выглаживания. Она может колебаться в значительных пределах от глубины внедрения. В следствии чего при неравномерном давлении может получиться разная шероховатость и неоднородность по физико-механическим свойствам. При жестком выглаживании должна быть высокая жесткость оборудования и точность установки детали и инструмента.

Оправка (рис. 2) представляет из себя стальную жесткую деталь. Используется для выглаживания наружных цилиндрических и торцевых поверхностей. Для поддержания постоянной силы прижатия во время движения необходимо отсутствие радиального биения детали, поэтому перед выглаживанием необходимо проточить деталь. Сила прижатия достигается малыми перемещениями каретки резцедержателя, где присутствует погрешность установки суппорта, из за чего трудно получить нужную силу и глубину внедрения. Так же на достижения нужных параметров влияет жесткость системы СПИД.

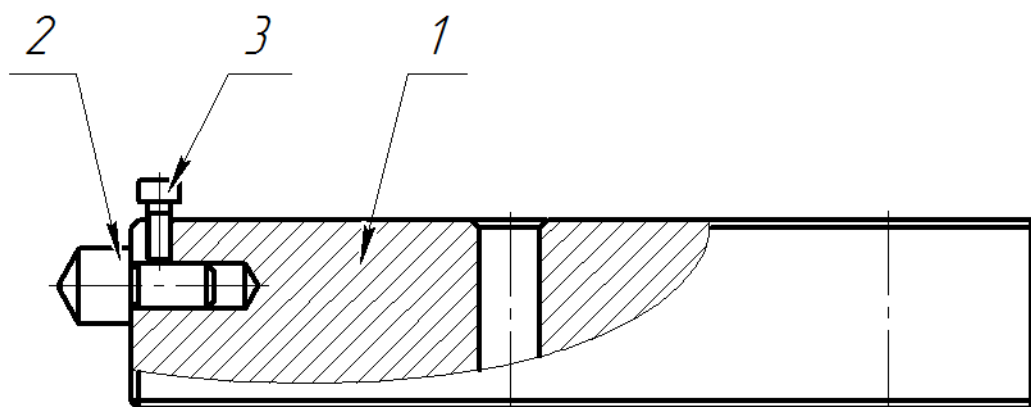


Рисунок 2 -Эскиз жесткой оправки

Перед алмазным выглаживанием с жестким креплением инструмента необходимо выполнять обработку до выглаживания или одновременно с ним. Так же рекомендуется использование высокоточного оборудования для особо точных деталей



Рисунок 3 - Оправка для выглаживания жесткая

2.1.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра

Для определения силы прижатия производим тарировку системы, а так же проверку на дрейф. На данную оправку нужно определить необходимое перемещение суппорта для установления требуемой силы. Определяется зависимость составляющей силы F_y от перемещения суппорта. Так же проверим жесткость всей системы от времени.

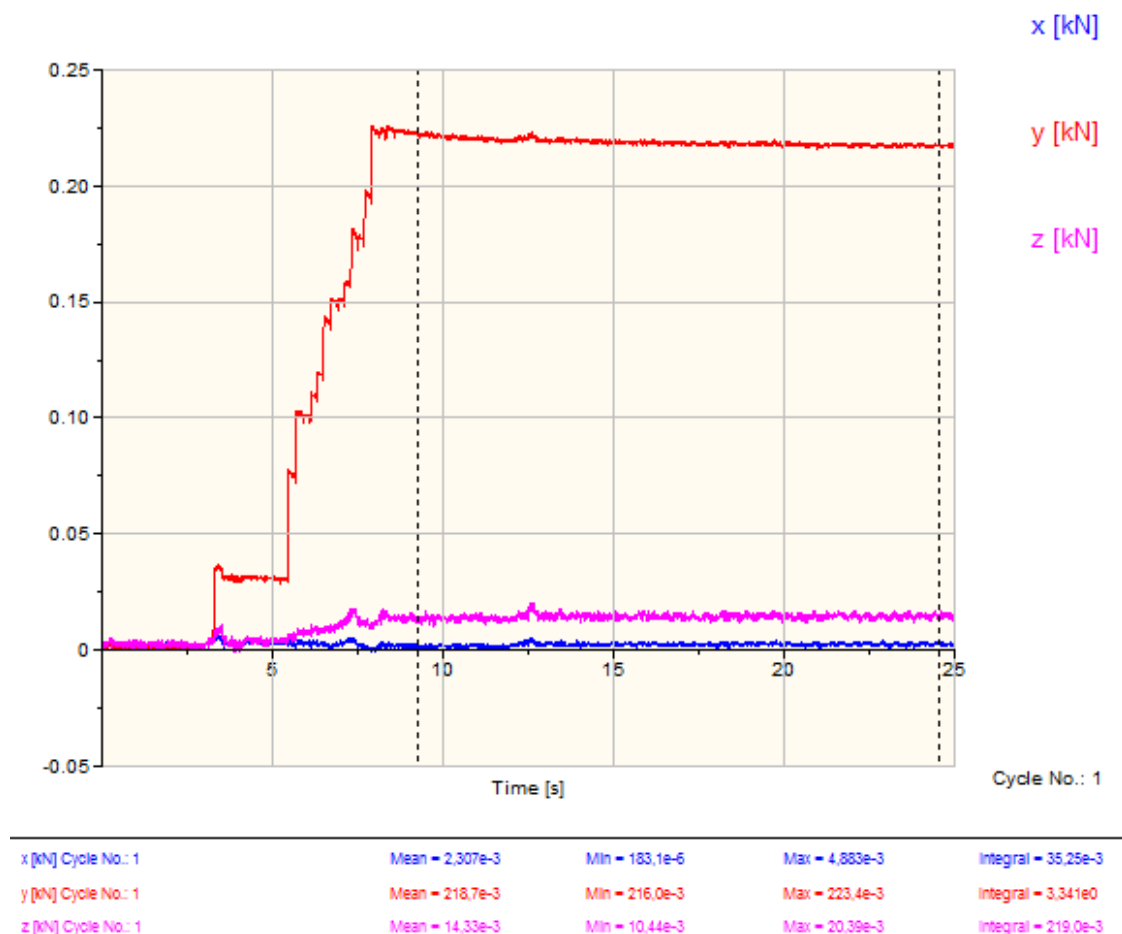


Рисунок 4 - График тарировочный

Из графика (рис. 4) видно, что жесткость системы СПИД дает падение поперечной горизонтальной силы прижатия 3Н через время 15 сек. Так же видно после прижатия выросла составляющая силы выглаживания P_z , это объясняется тем, что разная высота оси индентора и оси детали.

2.1.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Одно измерение можно разделить на 4 участка (рис. 5). Первый участок это нагрузка до необходимой силы. Далее идет техническая остановка для разделения участков нагружения и движения. На третьем участке происходит движение в одном из направлений. Последний участок представляет собой остановку без отвода инструмента.

Измерения производятся по следующим критериям: по направлению движения (рис. 1); по степени нагружения силы 100Н, 200Н и 300Н; и по использованию смазок. Все данные и графики представлены в приложении А. таблицах 1-4. Графики изображены при 5 кратном сглаживании.

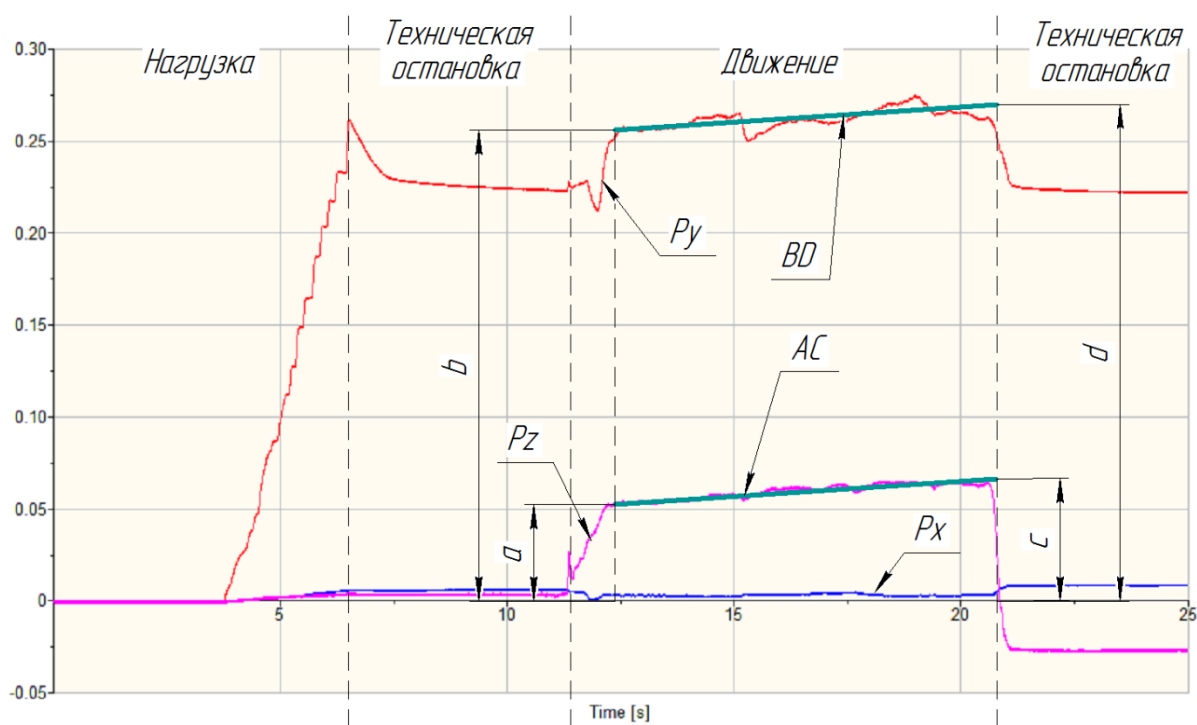


Рисунок 5 – Схема определения коэффициента трения

После обработки измерений так же определяется коэффициент трения к каждому случаю. При жестком выглаживании сила выглаживания сильно меняет направления, поэтому наблюдается не прямые линии составляющей силы трения и нормальной силы прижатия с течением времени. Проводится прямая усреднённая линия для участка движения для составляющей тангенсальной силе

P_z . Для определения прямой составляющей радиальной силы проводится прямая BD параллельная AC . В случае когда на графике силы направлены в другую сторону оси, то BD проводится под таким же углом к оси абсцисс что и AC . Коэффициент трения равен отношению тангенсальной составляющей силы P_z к радиальной составляющей силе P_y . В начале движения коэффициент трения $f_1 = a/b$, а в конце движения $f_2 = c/d$:

$$f_1 = \frac{a}{d} = \frac{54\text{H}}{259\text{H}} = 0.208;$$

$$f_2 = \frac{c}{d} = \frac{65\text{H}}{270\text{H}} = 0.242;$$

Коэффициенты трения различаются на начале участка и на конце из за не параллельности прямых линий к оси абсцисс, поэтому берется среднее значение и записывается в таблицу.

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2} = 0.225;$$

При движении вращения в начале движения присутствует падение радиальной силы прижатия. Это связано с изменением пятна контакта при движении. Во время движения начинает образовываться волна которая увеличивает силу прижатия. На графиках видны скачки силы. Они могут возникать из за: шероховатости поверхности, неравномерности движения вращения так как все действия производятся руками, влияние волн впереди движения индентора. После нагрузки нормальной силы прижатия, происходит изменений продольной силы и вертикальной поперечной силы. Продольная сила может возрасть из за, неперпендикулярности расположения оправки к оси детали. Вертикальная поперечная сила изменяется из за разницы высоты оси детали и оси оправки.

При движении подачи продольной в начале движения так же присутствует скачок силы как и с вращением. После наложения нормальной поперечной силы, продольная изменяется в положительную сторону. При расчете коэффициента трения значения его различались при прямом и обратной

движении. Значит нужно учитывать силу смещения продольной силы при расчете.

Таблица 2.1 – Коэффициенты трения жесткой оправки для наружного выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.167	0.176	0.178	0.166	0.165	0.155	0.134	0.118
200Н	0.226	0.223	0.217	0.205	0.207	0.208	0.151	0.150
300Н	0.236	0.257	0.228	0.220	0.225	0.213	0.166	0.172

В таблице 2.1 приведены коэффициенты трения для всех движений. Сила нагружения в таблице указана приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении. Коэффициент трения разный на участке движения поэтому приходится принимать усреднённое значение. Коэффициент трения при малых силах приблизительно равен со смазкой и без. Так же значение коэффициента приблизительно одинаково при вращении.

2.2. Динамометрическая оправка для наружного алмазного выглаживания

Динамометрическая оправка относится уже к способу выглаживания с упругим закреплением инструмента. При этом способе инструмент упруго прижимается к обрабатываемой детали. Сила прижатия выглаживателя к детали, зависит от пластичности обрабатываемого материала, шероховатости поверхности и радиуса выглаживателя, контролируется и поддерживается постоянной в определенном интервале. При этом жесткой кинематической связи между деталью и выглаживателем, и наложение последнего относительно детали определяется самой обрабатываемой поверхностью.

При упругом закреплении выглаживателя погрешности формы детали копируются и не исправляются. Происходят только сглаживание шероховатости поверхности и ее упрочнение. Достоинством упругого закрепления инструмента является простота настройки и сравнительно невысокие требования к точности и жесткости станков и обрабатываемых деталей.

Динамометрическая оправка (рис. 5) в отличие от жесткой уже сглаживает перепады силы выглаживания, но не имеет жёсткости во всех направлениях. Оправка представляет из себя тарированный динамометр. В качестве силового элемента в оправке используется плоская пружина 1 с гасителем колебаний 2. Сила, создаваемая державкой, зависит от пружины. Для установления определенной величины деформации корпуса, соответствующей заданной силе выглаживания, державка предварительно тарируется. Выявляется зависимость силы от вызываемой ею деформации. После тарировки оправки величину силы выглаживания устанавливают по индикатору часового типа 3. Данная оправка используется для выглаживания наружных цилиндрических и торцевых поверхностей.

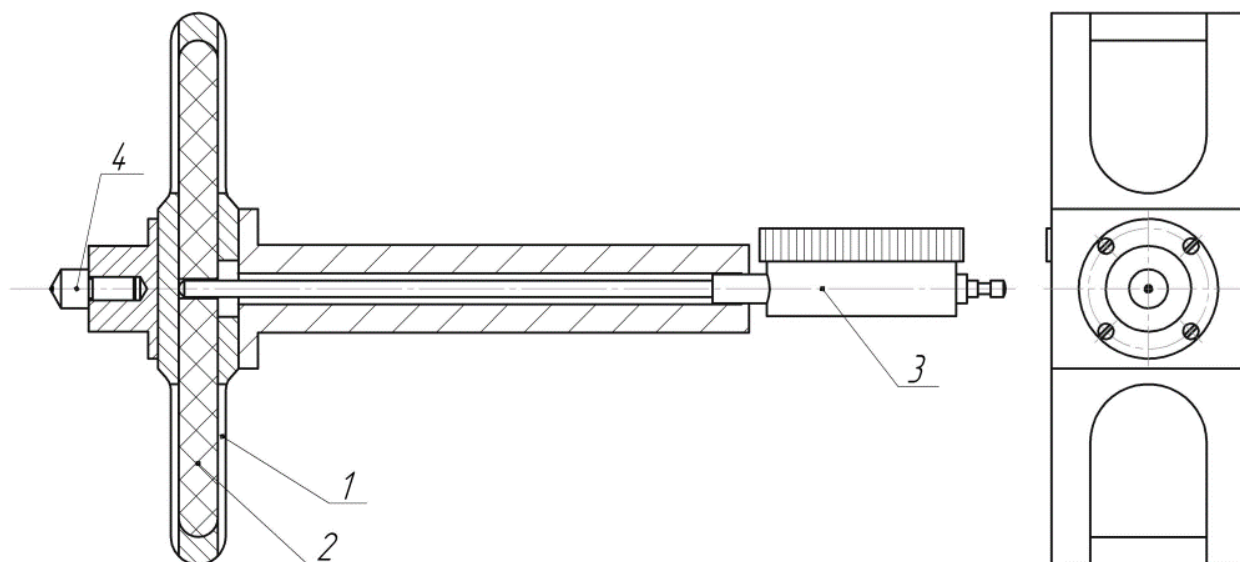


Рисунок 5 – Эскиз оправки динамометрической

Оправка сконструирована с использованием ее в вертикальном расположении плоской пружины, так как после радиальной силы важную роль

играет тангенсальная составляющая. Но при выглаживании могут образовываться волны и тогда рост осевой силы может ухудшить поверхность. Поэтому необходимо выполнить измерения с горизонтальным расположением оправки и вертикальным.

2.2.1. Горизонтальное расположение динамометрической оправки

При горизонтальном расположении (рис. 6) присутствует ограничение по осевому перемещению из за длинны пружины. Данным расположением можно выглаживать либо длинные бесступенчатые валы либо, ступенчатые с малой разностью диаметров. Так как данное расположение не типично для этой оправки, то из за малой жесткости это необходимо рассмотреть. Так же при такой установке проверится упругость пружины.

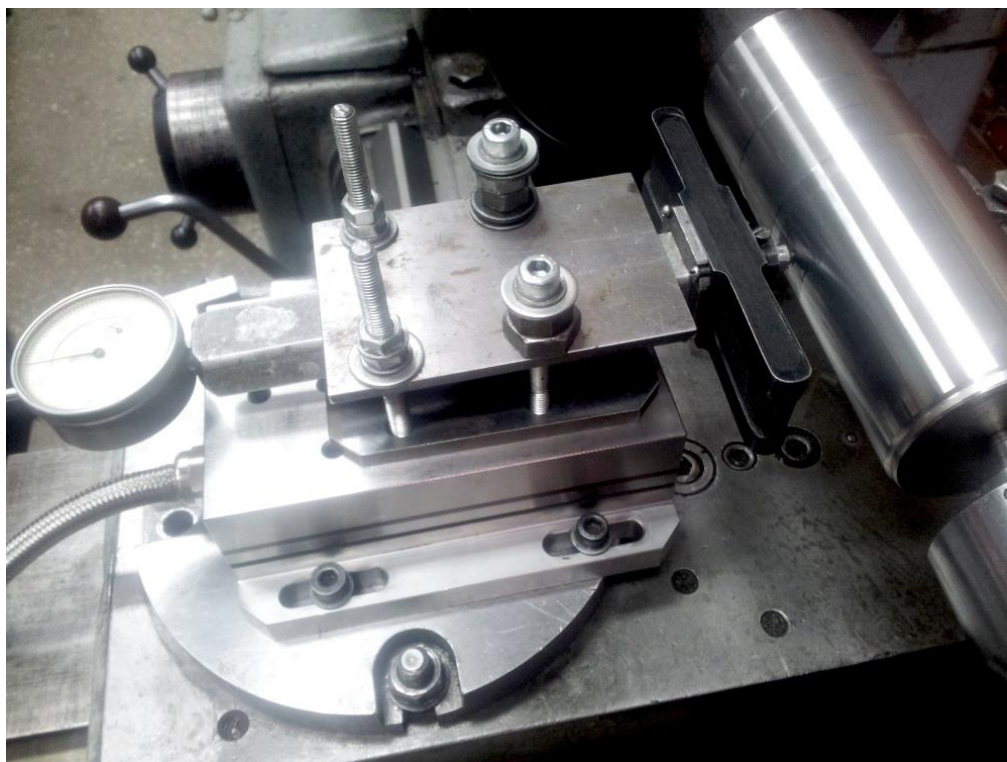


Рисунок 6 -Динамометрическая оправка расположена горизонтально

2.2.2. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра

Так как система упругая, то не совпадение по высоте оси индентора с осью центров станка, установка алмаза под углом к оси детали может сказаться

на уводе алмаза и росте составляющих сил. Данная оправка уже была протарированна, поэтому получаем проверочный график (рис. 7), на котором можно рассмотреть на составляющих силах правильную установку выглаживателя и способность системы удерживать радиальную силу.

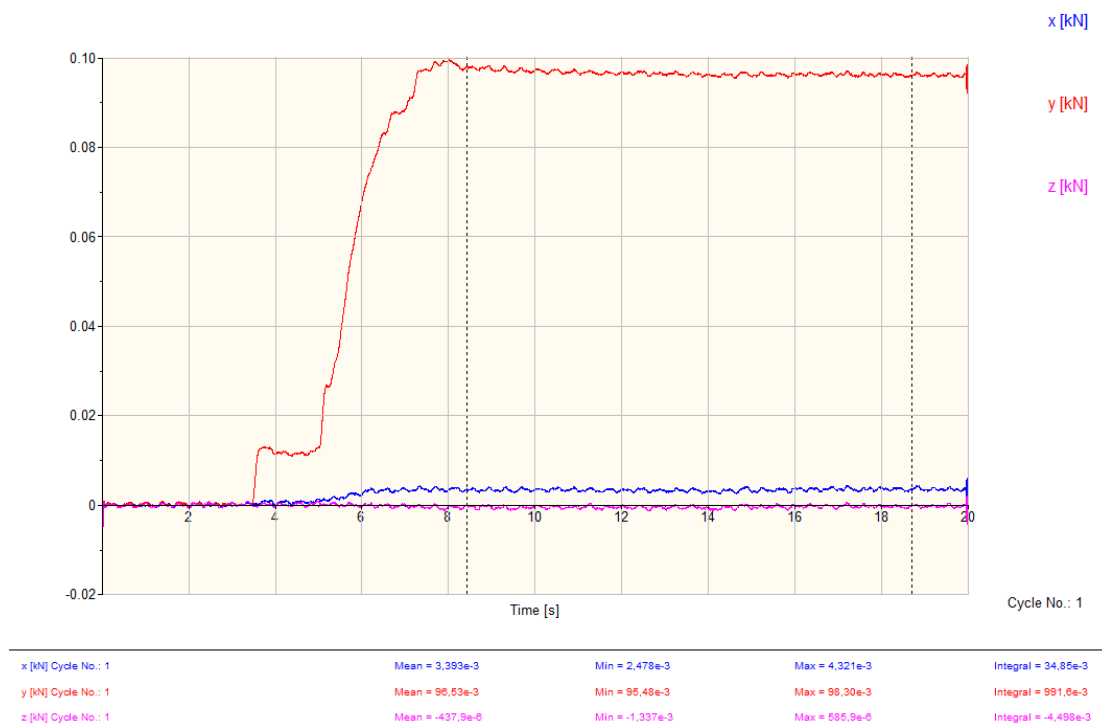


Рисунок 7 – График проверки усилия

Из графика видно, что падение силы прижатия 1Н за 20 сек не значительно. При измерениях присутствовали шумы сопоставимые с падением силы. После прижатия наблюдается изменение осевой силы R_x , из за возможного перекоса индентора.

2.2.3. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично как и с жесткой оправкой, пример изображен на рисунке 5.

Измерения производятся по следующим критериям: по направлению движения (рис. 1); по степени нагружения силы 100Н, 200Н и 300Н; и по использованию смазок. Все данные и графики представлены в приложении А.

таблицах 5-8. Графики изображены при 15 кратном сглаживании, из за появления шумов прибора. Коэффициент трения записаны в таблицу 2.2.

Даная оправка после придания прижимающей силы визуально сильно отгибается, поэтому мы и видим рост составляющей в осевом направлении силы R_x при движении вращения. С большими прижимными усилиями без смазывающей жидкости тангенсальная сила R_z резко изменяет значение и это совпадает с небольшими изменениями осевой силы R_x . Это наблюдается из за схватывания выглаживателя о поверхность и отгибом индентора. Используя масло хорошо заметно страгивание в начале движения при вращении. Во всем интервале движения с большим усилиями радиальная составляющая силы R_y уменьшается максимально на 10Н, это объясняется отгибом инструмента.

Таблица 2.2 – Коэффициенты трения динамометрической оправки расположенной горизонтально для наружного выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.190	0.159	0.245	0.198	0.155	0.107	0.196	0.178
200Н	0.221	0.192	0.289	0.232	0.219	0.175	0.279	0.219
300Н	0.235	0.208	0.327	0.263	0.183	0.172	0.277	0.272

При горизонтальном перемещении инструмента без смазки в вариантах без смазочной жидкости присутствует вначале нарастание силы трения, и резкое уменьшение на 20Н. При использовании смазки можно избежать данного срыва. Отгиба в вертикальной плоскости при перемещении не наблюдается. При движении прямом и обратном коэффициенты трения сильно отличаются, чего не было с жестким закреплением оправки.

2.2.4. Вертикальное расположение динамометрической оправки

Динамометрическая оправка с плоской пружиной в качестве силового элемента служит для работы в вертикальном положении пластин (рис 8). Это является основным положением.



Рисунок 8. – Динамометрическая оправка расположена вертикально

2.2.5. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра

После установки нужно выполнять проверку установки, как и в случае с горизонтальным расположением пружины динамометрической оправки. Сравнивается график проверки усилия при вертикальном расположении с горизонтальным на возможность увода алмаза и росте составляющих сил.

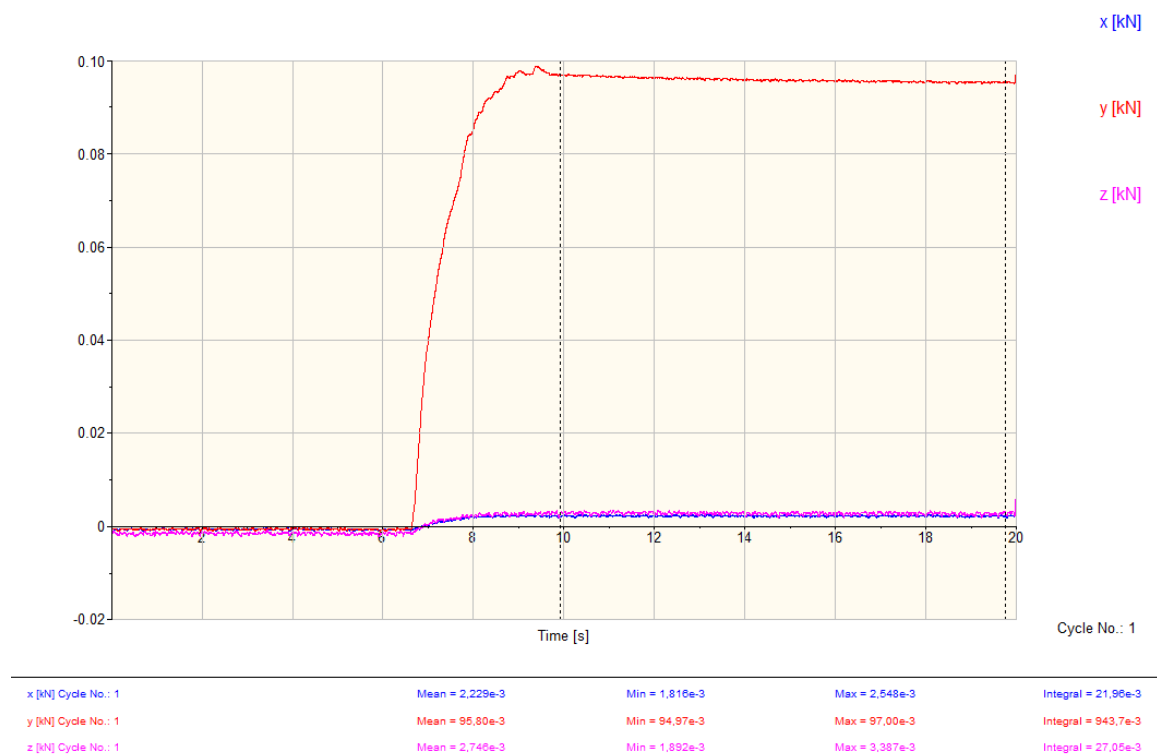


Рисунок 9 – График проверки усилия

Присутствует так же уменьшение составляющей радиальной силы R_y от времени, но оно не так значительно. Есть изменение осевой силы R_x и тангенсальной R_z из за увода алмаза после прижатия.

2.2.6. Силловые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично как и с жесткой оправкой, пример изображен на рисунке 5.

Измерения производятся по следующим критериям: по направлению движения (рис. 1); по степени нагружения силы 100Н, 200Н и 300Н; и по использованию смазок. Все данные и графики представлены в приложении А таблицы 9-12. Графики изображены при 15 кратном сглаживании, из за появления шумов прибора. Коэффициенты трения представлены в таблице 2.3. Сила нагружения в таблице указана приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении.

При движении без смазки как и с горизонтальным расположением оправки наблюдается отгиб инструмента. В зависимости от направления движения сила трения или растет или уменьшается. Установка оправки производилось по основанию мерительным инструментами, поэтому можно предположить, что индентор установлен в пружине под некоторым углом. Необходимо произвести дополнительное исследование с реверсивным движением выглаживателя и остановками.

Таблица 2.3 – Коэффициенты трения динамометрической оправки расположенной вертикально для наружного выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.169	0.139	0.183	0.165	0.201	0.129	0.261	0.174
200Н	0.211	0.166	0.235	0.171	0.193	0.170	0.269	0.194
300Н	0.234	0.188	0.246	0.222	0.182	0.179	0.315	0.232

2.2.7. Силовые зависимости усилия выглаживания при разнонаправленном движении

При вертикальной и горизонтальной установке динамометрической оправки при движении в разные стороны составляющие силы менялись не закономерно. Было предположено что неправильная установка индентора в пружине или не равномерная жёсткость пружины. Из за визуального отгиба инструмента необходимо произвести дополнительное исследование с реверсивным движением выглаживателя и остановками, что поможет выявиться одинокого ли отгибается выглаживатель в разные стороны.

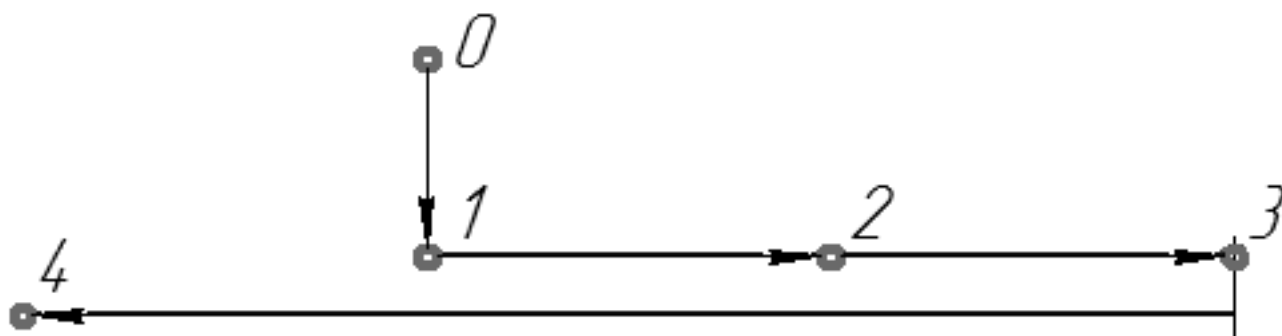


Рисунок 10 – Последовательность действий

На рисунке 10 изображена последовательность действий при исследовании. На участке 0 – 1 происходит прижатия выглаживателя на нужную силу. Далее на участке 1 – 2 выглаживатель двигается по поверхности в одну сторону на 5 мм. В точке 2 происходит остановка на 5 сек, воспроизводя на долгое схватывание. На участке 2 – 3 происходит движение в ту же сторону еще на 5 мм. Остановка в точке 3. Затем на участке 3- 4 происходит движение в обратную сторону на 20 мм так, что при движении назад индентор проходит по точке 1 внедрения.

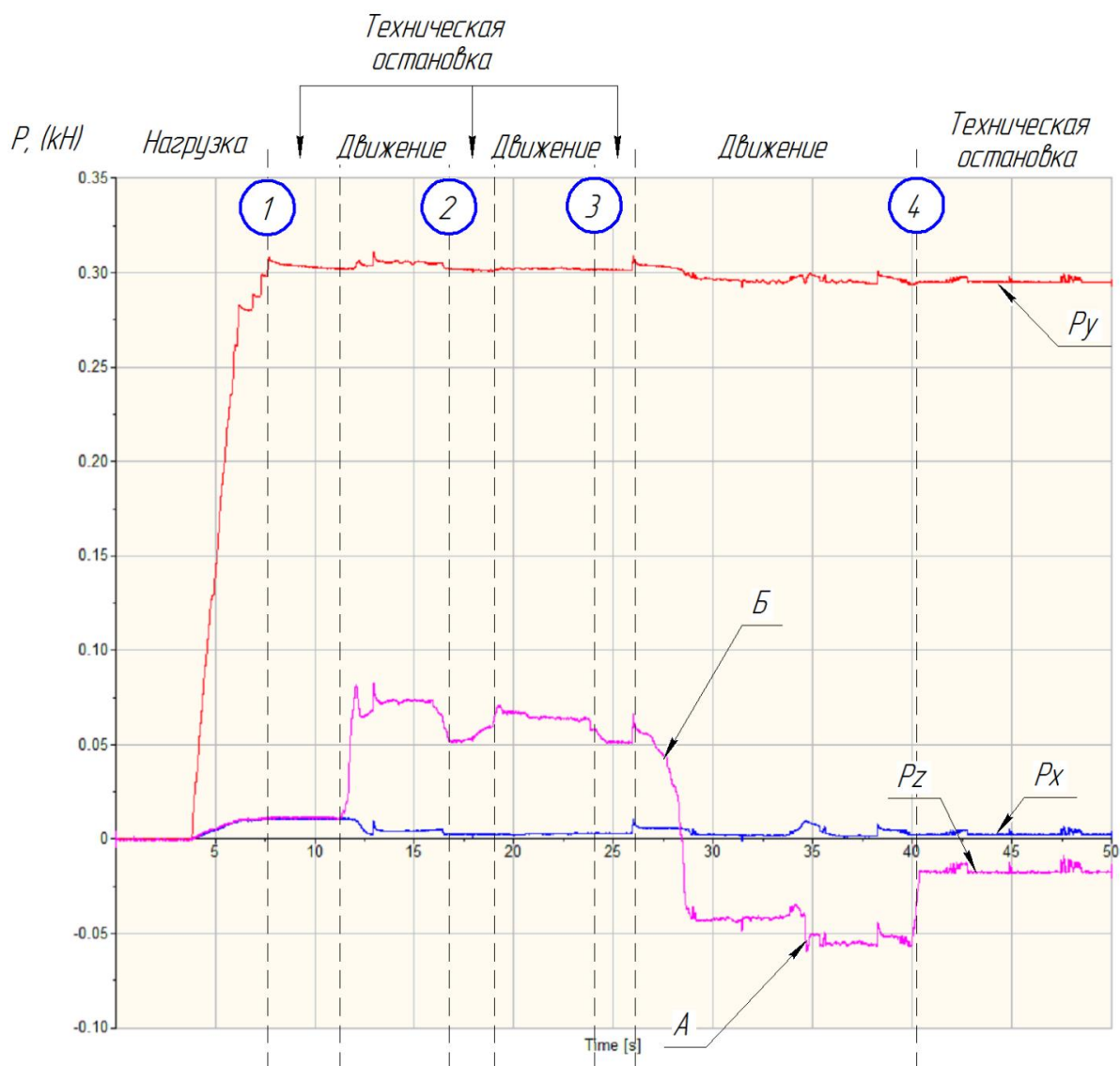


Рисунок 11 – Схема реверсивного движения

При нагрузке из всех графиков (приложение А, таблица 13) с динамометрической оправкой появляются составляющие силы тангенсальная P_z и осевая P_x . При движении эти усилия уменьшаются из за того, что выглаживатель самоустанавливается в канавке. При начале движения хорошо заметно страгивание, но после остановки страгивание меньше. Значит во время остановки индентор уже отогнут. Так же подтверждается неравномерность жесткости оправки во всех направлениях на радиальной силе P_y . В одном направлении радиальная сила возрастает, в другом уменьшается. При движении в обратном направлении на проходе участка внедрения в точке А (рис. 11)

происходит наклон вектора силы а не его увеличение. На участке Б (рис. 11) хорошо видно плавное изменение направления силы и на сколько отгибается индентор.

Динамометрическая оправка в качестве силового элемента у которой плоская пружина хорошо показывает процесс страгивания и схватывания. Она получается упругая во всех направлениях. Из за не равномерного отгиба объясняются и не закономерные коэффициенты трения при горизонтальном расположении оправки и вертикальном.

2.3. Пневматическая оправка для наружного выравнивания

Пневматическая оправка с силовым элементом в виде пневматической пружины или сильфоном относится к упругому закреплению инструмента и позволяет обрабатывать наружные цилиндрические поверхности детали с радиальным биением или с отклонениями формы. Сильфон представляет из себя упругую гофрированную камеру, испытывающая при выравнивании напряжения сжатия. Для стабилизации силы в систему «индентор – сильфон» добавлен ресивер, позволяющий значительно уменьшить колебание давления в сильфоне за счёт увеличения объёма сжатого воздуха. Объём ресивера более чем в 10 раз больше объёма рабочей камеры сильфона. Выравнивание производится при определенной величине силы прижатия, которая устанавливается с помощью давления воздуха в системе и контролируется манометром.

Конструктивные особенности пневматической оправки должны обеспечить постоянство силы выравнивания P_y даже при большом биении поверхности, так как изменение объёма сильфона мало по отношению к объёму ресивера, поэтому изменение давления в сильфоне и силы выравнивания также мало.

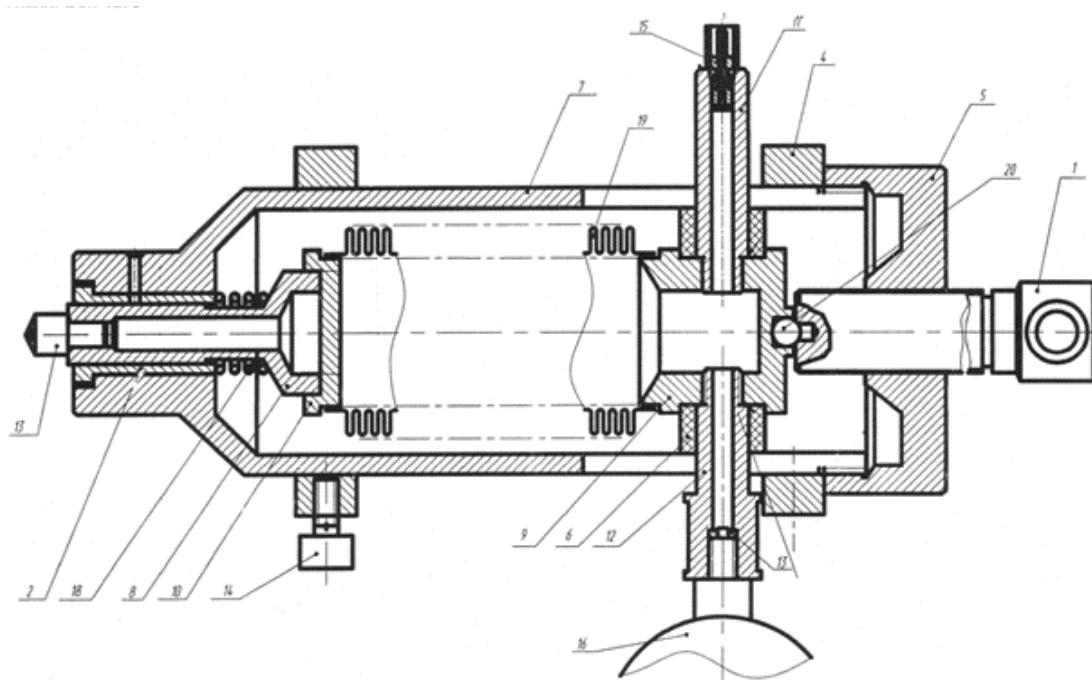


Рисунок 12 -Оправка для выглаживания пневматическая с ресивером

Основные элементы конструкции пневматической оправки (рис. 12) для наружного выглаживания: алмазный индентор (13), пневматический сильфон (13), манометр низкого давления (16).

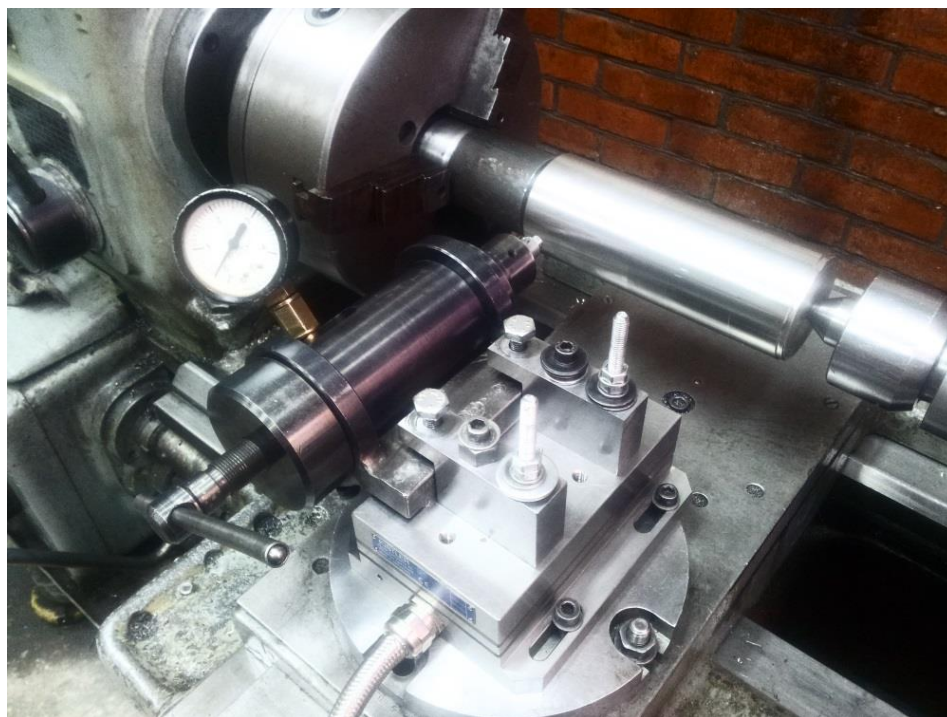


Рисунок 13 – Установленная пневматическая оправка

2.3.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра

Для определения требуемой силы прижатия необходимо подобрать нужное давление в ресивере. Ход сильфона ограничивается винтом прижатым через шарик. Определяется воздушная система на предмет утечек воздуха.

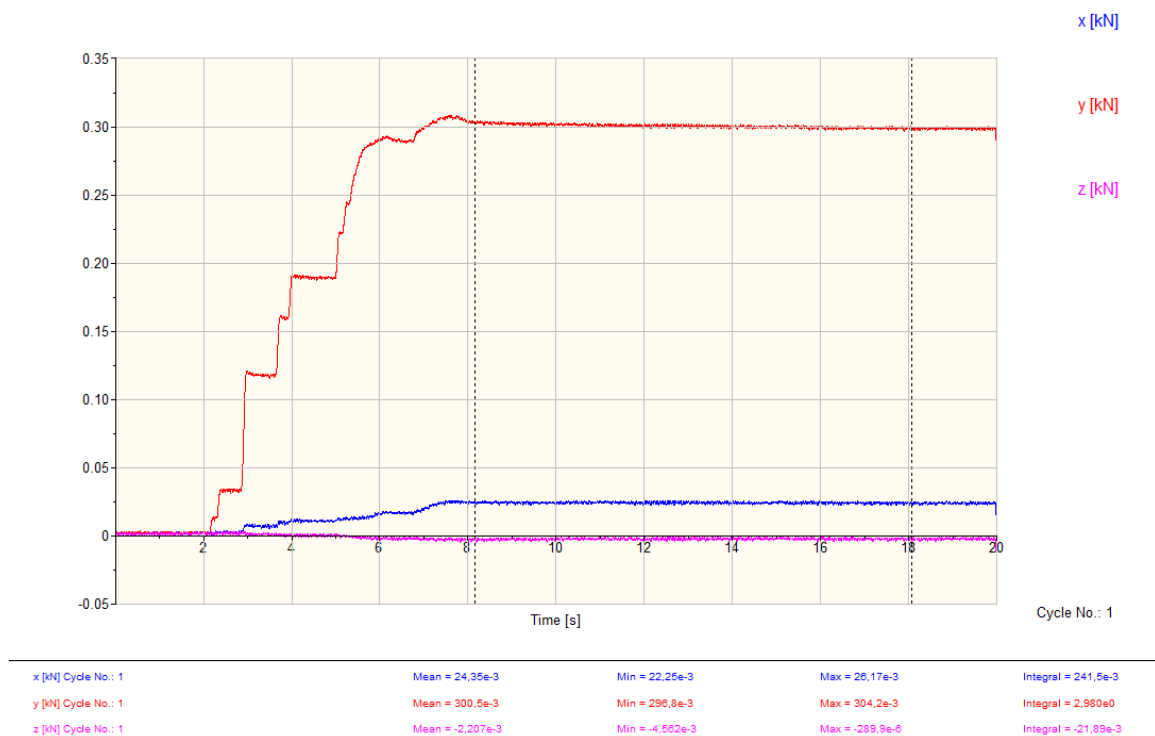


Рисунок 14 – График проверки усилия

Радиальная сила P_y со временем незначительно уменьшается из за спуска пневматической системы. Произошло изменение осевой силы P_x возможно благодаря вылету инструмента относительно динамометра хорошо видный на рисунке 13.

2.3.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично как и с жесткой оправкой, пример изображен на рисунке 5.

Измерения производятся по следующим критериям: по направлению движения (рис. 1); по степени нагружения силы 100Н, 200Н и 300Н; и по

использованию смазок. Все данные и графики представлены в приложении А таблицах 14-17. Графики изображены при 5 кратном сглаживании. Коэффициенты трения указаны в таблице 2.4, где сила нагружения приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении.

В ходе наблюдений для данной оправки скачки силы трения. Так же присутствуют изменение радиальной силы P_y при начале движения на 10Н.

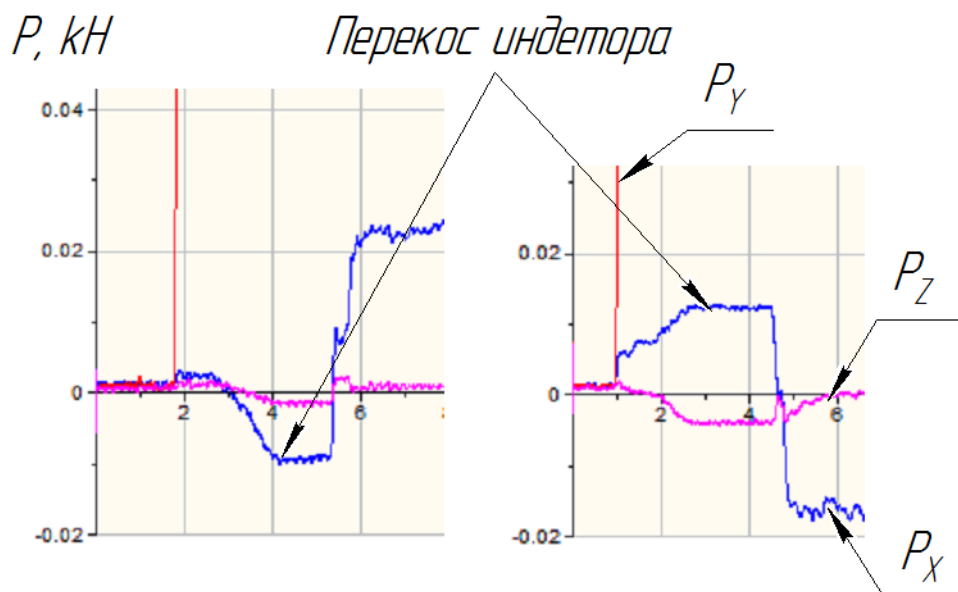


Рисунок 15 – Изменение осевой силы

На рисунке 15 изображены два ярко выраженных графика при равных условиях с усилием 100Н и использовании смазки, только движение в разные направления. Осевая сила P_x при нагрузке принимает разное значение. Данное наблюдение есть на всех графиках. Это явление можно объяснить конструкцией оправки. Алмаз закреплен в втулке которая с зазором перемещается по отверстию и становится с разным перекосом. Колебание радиальной силы P_y могут возникать так же из за схватывания в соединении со втулкой, но так же может быть схватывание о поверхность детали связанное с отгибом инструмента.

Таблица 2.4 – Коэффициенты трения пневматической оправки для наружного выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.129	0.077	0.114	0.176	0.192	0.185	0.155	0.157
200Н	0.165	0.158	0.213	0.185	0.199	0.217	0.172	0.170
300Н	0.206	0.190	0.216	0.196	0.199	0.220	0.166	0.195

2.3.3. Силовые зависимости усилия выглаживания при разнонаправленном движении

В следствии изучения страгивания на пневматической оправке было установлено, что при нагружения силы индентор часто становится с перекосом. Всею виной конструкция оправки. Визуального отгиба не наблюдалось, так как возможно это происходило внутри корпуса.

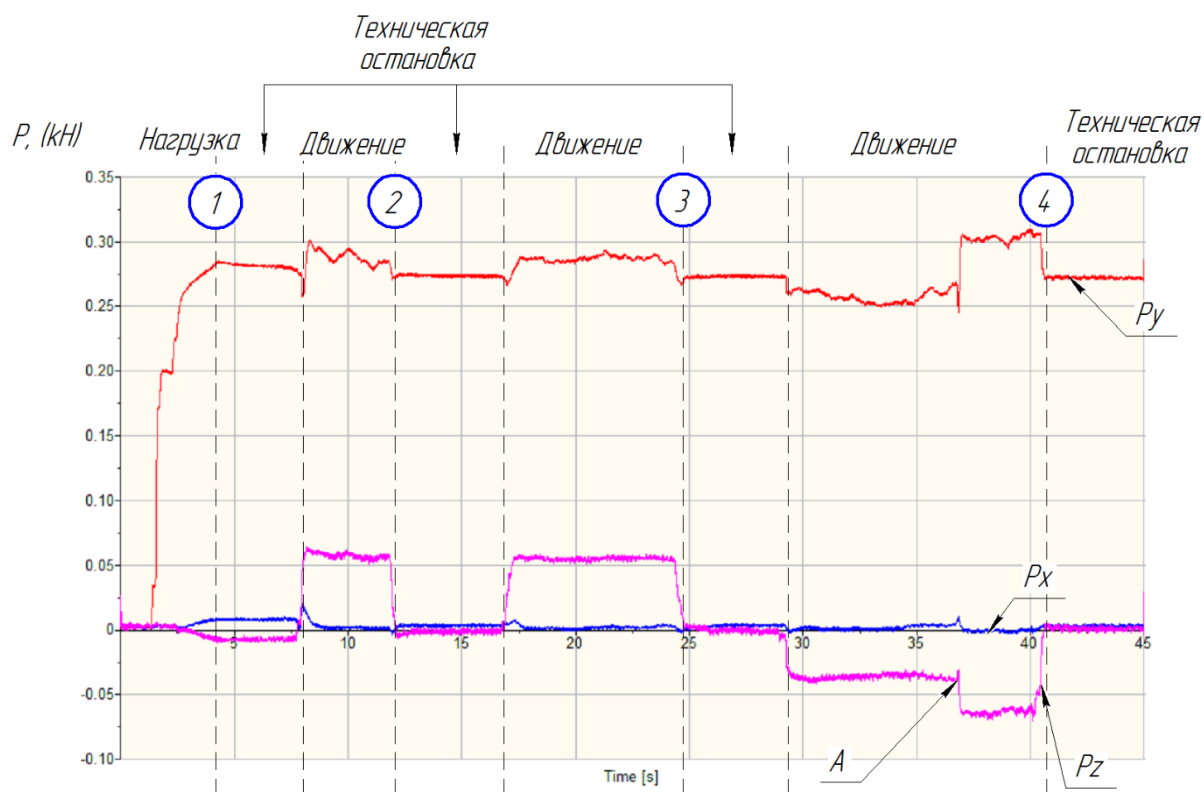


Рисунок 16 – Схема реверсивного движения пневматической оправки при вращении

Выше в разделе с динамометрической оправкой на рисунке 10 изображена последовательность действий и подробности (рис. 11) при последовательности действия.

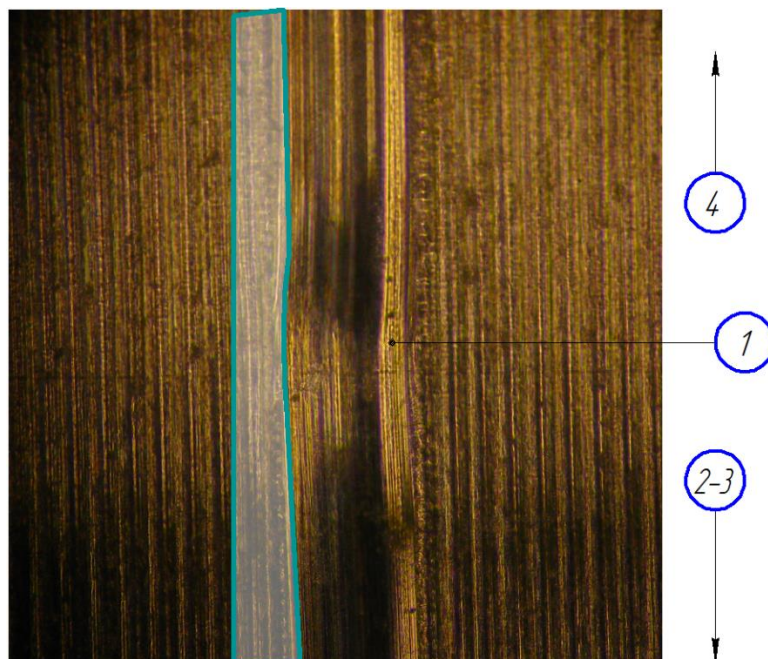


Рисунок 17 – Прохождение точки внедрения

На рисунке 16 хорошо наблюдается прохождение участка А внедрения. Присутствует изменение направления силы выглаживания. Так же визуально можем наблюдать прохождение точки внедрения 1 на рисунке 17. В теории на данной оправке должно быть постоянное усилие прижатия, но конструктивно из за силы трения происходит изменение радиальной силы.

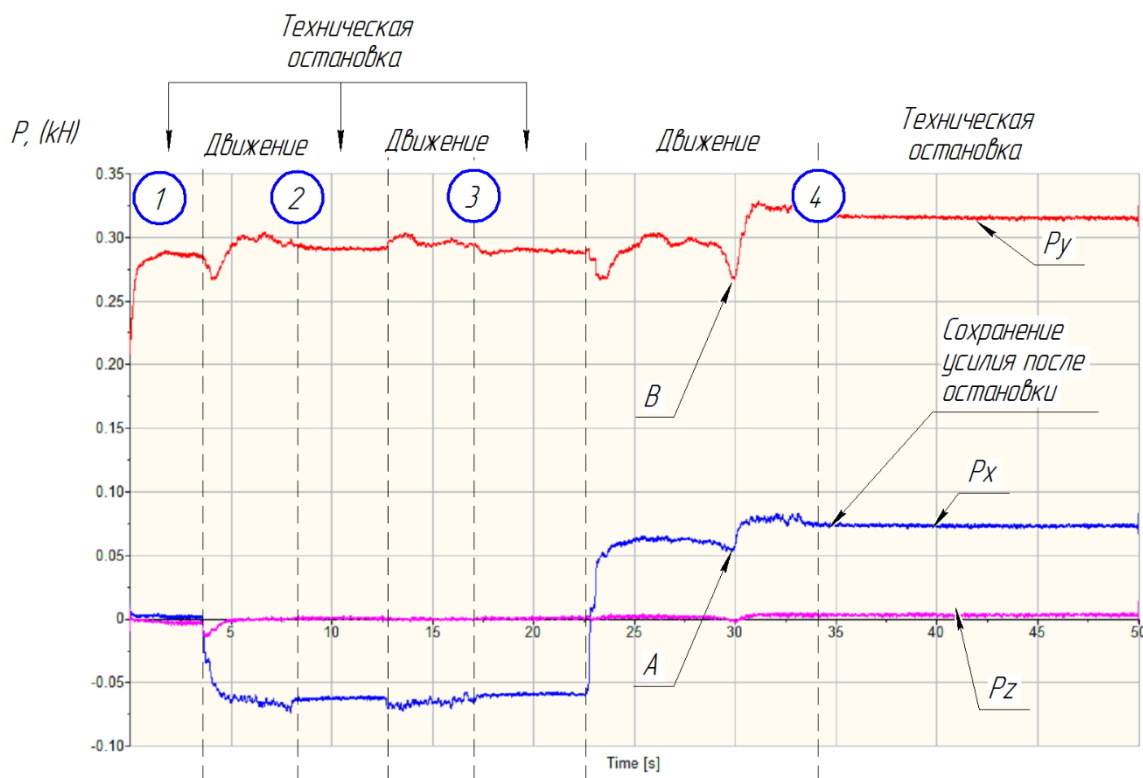


Рисунок 18 – Схема движения оправки при перемещении в осевом направлении

Во время движений реверсивного движения в разных направлениях было подтверждено движение схватывание в корпусе индентора в осевых направлениях. Это хорошо наблюдается при продольном перемещении изображённом на рисунке 18. Во время остановки индентор остаётся в натянутом положении, в отличии движения вращения (рис.16).

2.4. Пневматическая оправка на пружинах для наружного выравнивания

Оправка для алмазного выравнивания с силовым элементом в виде пневматической пружины и гибкой пружинной опорой предназначена для обработки наружных цилиндрических и фасонных поверхностей деталей, а также поверхностей деталей, установленных с эксцентриситетом.

Оправка для алмазного выравнивания с силовым элементом в виде пневматической пружины и гибкой пружинной опорой предназначена для обработки наружных цилиндрических и фасонных поверхностей деталей, а

также поверхностей деталей, установленных с эксцентриситетом. Конструкция оправки включает в себя: алмазный индентор закрепленный во втулке, которая в свою очередь жестко закреплена на пружинной опоре. Пружинная опора представляет собой четыре плоские пружины, усиленные пластинами, чтобы избежать прогиба пружины и соприкосновения подвижной части оправки и её корпуса. Данная опора позволяет перемещаться с малой амплитудой около начальной точки: $\pm 3\text{мм}$. Усилие выглаживания обеспечивает голая металлическая гофра – пневматический сильфон. Постоянное давление воздуха в сильфоне дает постоянную силу прижатия рабочего элемента оправки к поверхности заготовки. Постоянное давление достигается многократным превышением объема воздуха в ресивере, по сравнению с объемом воздуха в сильфоне, тем самым позволяет избегать значительных изменения давления воздуха в сильфоне из-за сжатия сильфона и уменьшения объема воздуха. Это должно уменьшить величину колебаний усилия силового элемента, по сравнению с величиной создаваемого им усилия. Для контроля давления в системе на ресивере установлен манометр.

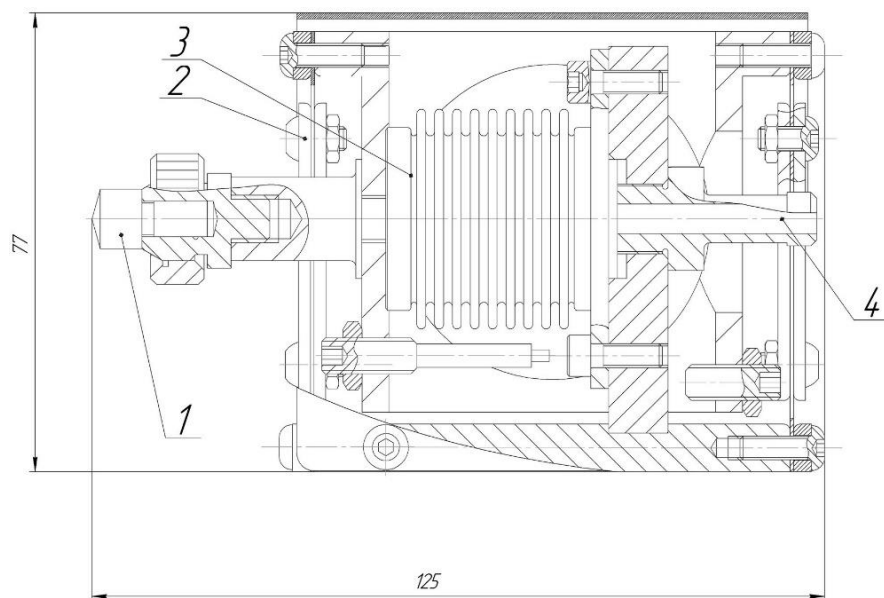


Рисунок 19 – Эскиз оправки для выглаживания с пневматическим силовым элементом на пружинах

Конструкция оправки (рис. 19) с силовым элементом в виде пневматической пружины и гибкой опорой: алмазный индентор, во втулке (1), гибкая пружинная опора (2), пневматический сильфон (3), подвод давления от сильфона (4).

Использование плоских пружин на малых перемещениях позволяет предположить отсутствие значительных колебаний силы выглаживания. Сильфон обладает подобным свойством вне зависимости от степени деформации.

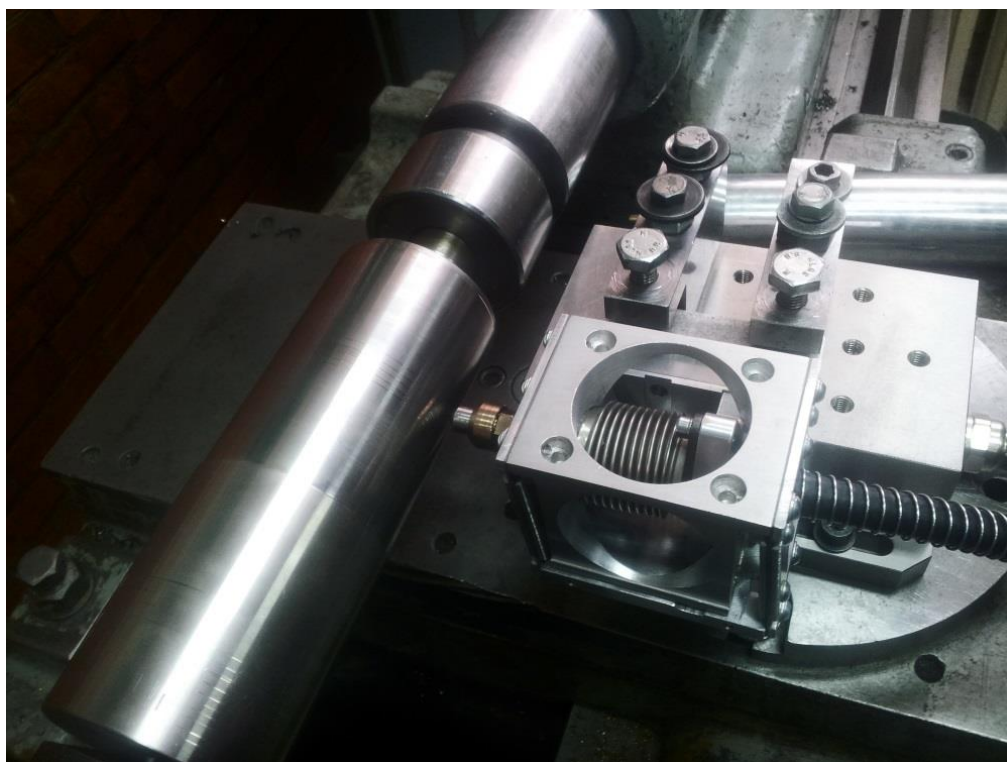


Рисунок 20 – Установленная на станок пневматическая оправка на пружинах с ресивером.

2.4.1. Тарировка с помощью трёхкомпонентного динамометра

Для определения требуемой силы прижатия необходимо подобрать нужное давление в ресивере. График тарировочный для данной оправки уже имеется, поэтому осуществляется только проверка. Определяется воздушная система на предмет утечек воздуха.

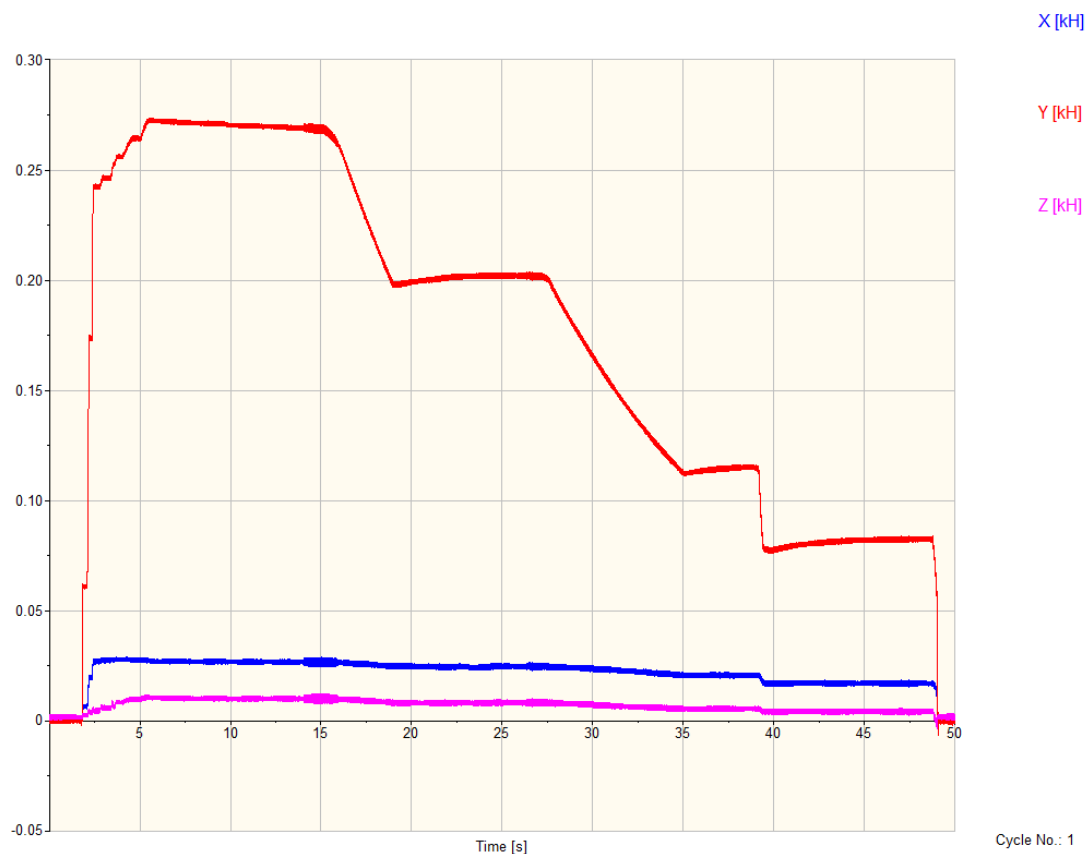


Рисунок 21 - График проверки усилия

На графике (рис. 21) выполнена проверочная тарировка с помощью динамометра. Подбиралось давление по отношению к требуемому усилию. Вначале был накачен воздух в систему. Далее запущен процесс измерения и постепенно интервалами спускался воздух из ресивера.

Отклонение осевой составляющей силы R_x является большим вылетом инструмента. По тангенсальной составляющей R_z можно сказать что ось индентора ниже оси центров станка.

2.4.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично как и с жесткой оправкой, пример изображен на рисунке 5.

Измерения производятся по следующим критериям: по направлению движения (рис. 1); по степени нагружения силы 100Н, 200Н и 300Н; и по использованию смазок. Все данные и графики представлены в приложении А таблицах 19-22. Графики изображены при 5 кратном сглаживании. Коэффициенты трения указаны в таблице 2.5, где сила нагружения приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении.

Таблица 2.5 – Коэффициенты трения пневматической оправки на пружинах для наружного выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.123	0.120	0.143	0.124	0.185	0.177	0.155	0.150
200Н	0.154	0.149	0.166	0.161	0.213	0.194	0.203	0.185
300Н	0.180	0.160	0.210	0.185	0.234	0.227	0.222	0.213

Пневматическая оправка с пружинной опорой позволяет выглаживать с постоянным направлением вектора силы. Из графиков видно, что при движении радиальная составляющая сила P_y остается не изменой. То же происходит и с силой трения при движении вращения тангенсальной P_z и для продольного перемещения суппорта осевой силы P_x . Во всех графиках видно страгивание при начале движения. Изменение коэффициента трения (таблица 2.5) от усилия выглаживания более равномерно, но разнится от направления движения.

2.5. Пневматическая оправка на пружинах для внутреннего выглаживания

Пневматическая оправка на пружинах для внутреннего выглаживания так же относится к способу упругим закреплением инструмента. Она повторяет принцип оправки для наружного выглаживания и предназначена для

стабилизации силы выглаживания в процессе обработки отверстий деталей с радиальным биением. В оправке полностью исключены возвратно-поступательные и вращательные пары трения, а так же пары трения качения. В качестве силового элемента служит сильфон с ресивером. Ось вращения создают пружины без трения.

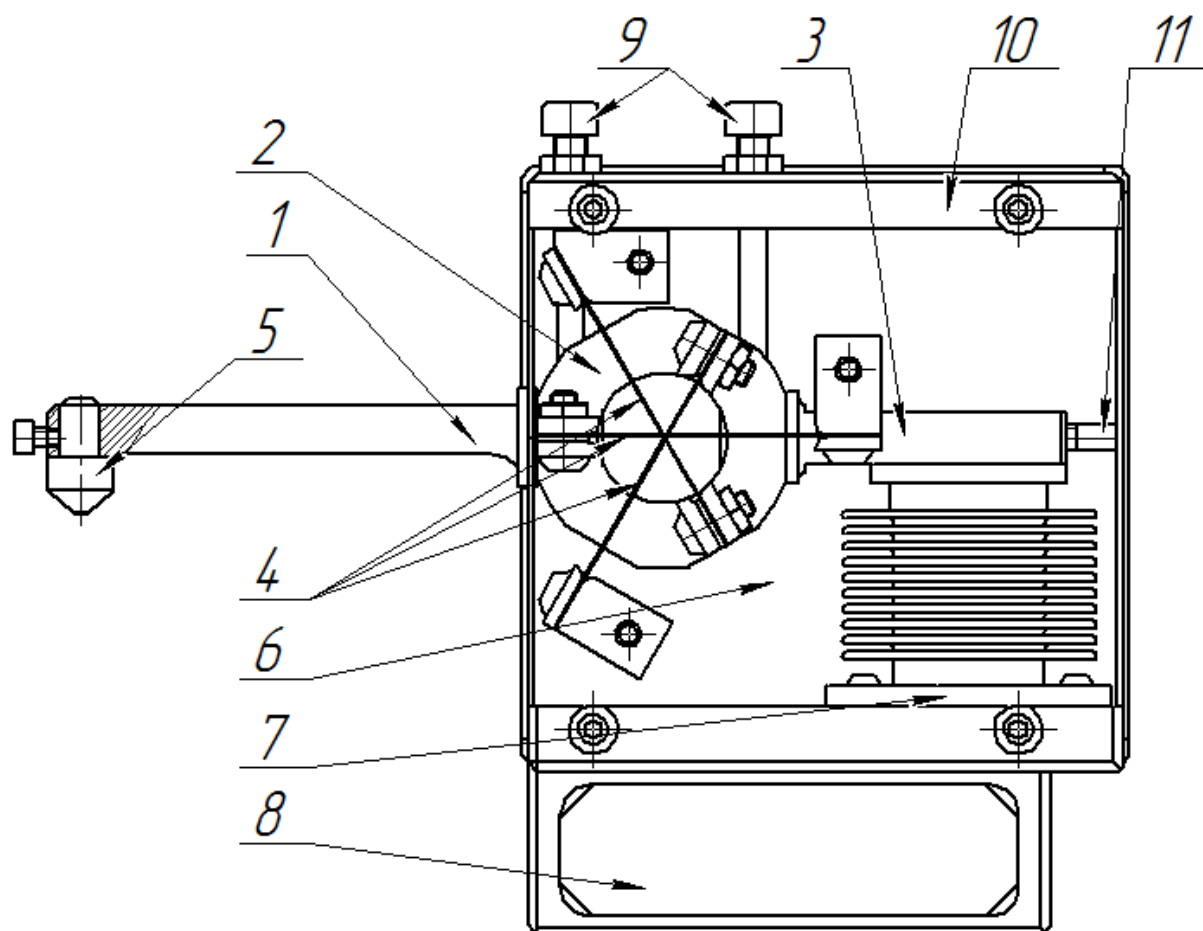


Рисунок 22 -Эскиз пневматической оправки с пружинами для внутреннего выглаживания

Алмазный индентор 5 крепится в балку 1. Балка закреплена в кольце 2, которое через пружины 4 закреплено на стенках корпуса 6. Усилие выглаживания создает сильфон 7, передавая его на балку 3. Система пружин с кольцом образует пружинную опору, позволяющее совершать повороты балке 1 с малой амплитудой и препятствовать другим перемещения. Для ограничения движений балки имеются упоры 9. Для индикации перемещения служит указатель 11. Крепление на станок осуществляется за держатель оправки 8.

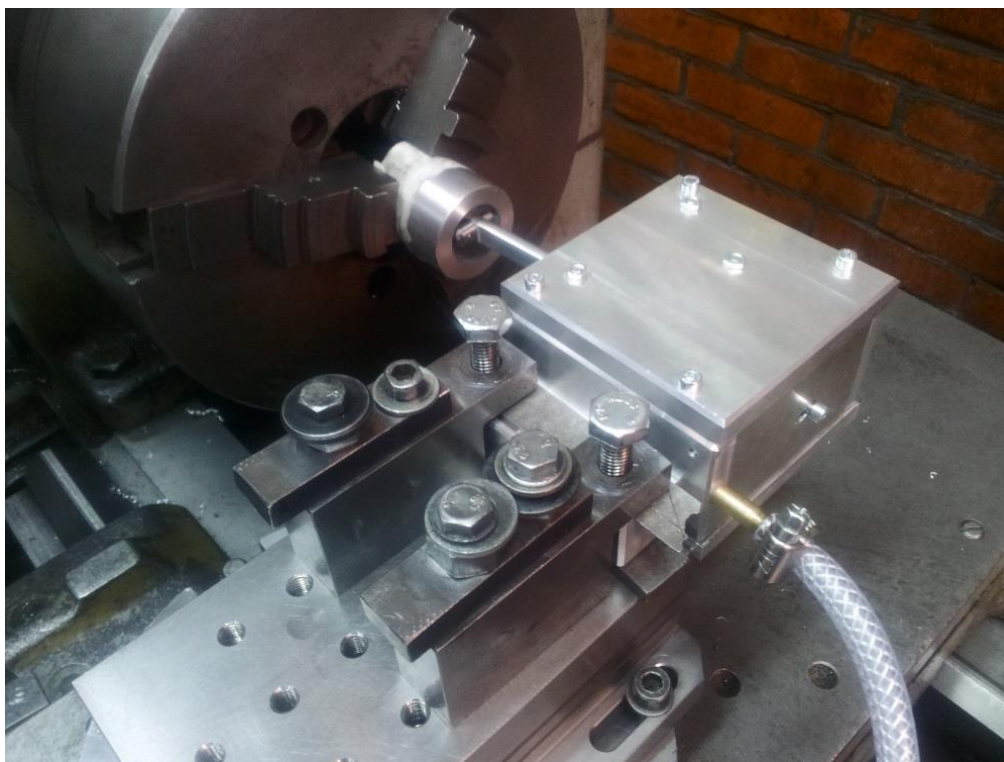


Рисунок 23 - Установленная на станок пневматическая оправка на пружинах для внутреннего выглаживания

2.5.1. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично примеру изображённому на рисунке 5.

Измерения производятся с силой нагружения 100Н, так как большее 120Н ограничивается возможной накачкой давления. Проводятся измерения со смазкой и без на материале алюминий Д16Т. Все данные и графики представлены в приложении А таблицах 23-26. Графики изображены при 5 кратном сглаживании. Коэффициенты трения указаны в таблице 2.6, где сила нагружения приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении.

Пневматическая оправка с пружинной опорой для внутреннего выглаживания сконструирована по такому же принципу что и для внутреннего

выглаживания. Так же позволяет выглаживать с постоянным направлением вектора силы. Из графиков видно, что при движении радиальная составляющая сила P_r немного уменьшается и остается постоянной. Сила трения при движении вращения при движении вращения в прямом направлении больше чем при обратном. При нагрузке видно, что Тангенсальная сила P_z близка нулю значит индентор установлен приблизительно возле на оси центров. Такой разный коэффициент трения мог получиться из за разной жесткости оправки в вертикальной плоскости. Это так же хорошо видно в прямом продольном движении на силе P_z . Она с нулевого значения при движении изменяется в сторону меньшей жесткости.

Таблица 2.6 – Коэффициенты трения пневматической оправки на пружинах для внутреннего выглаживания

	Движение вращения				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.216	0.206	0.165	0.165	0.168	0.167	0.142	0.182

2.6. Динамометрическая оправка для внутреннего выглаживания

Для внутреннего выглаживания необходимо изготовить оправку динамометрическую, чтобы провести сравнение с пневматической на пружинах. Вначале сконструирован чертеж оправки (рис. 24) и основания (рис.25). После выбран материал Сталь 20 для изготовления. Оправку было решено сделать сборную из двух частей для возможности ее установки на резцедержатель различными способами.

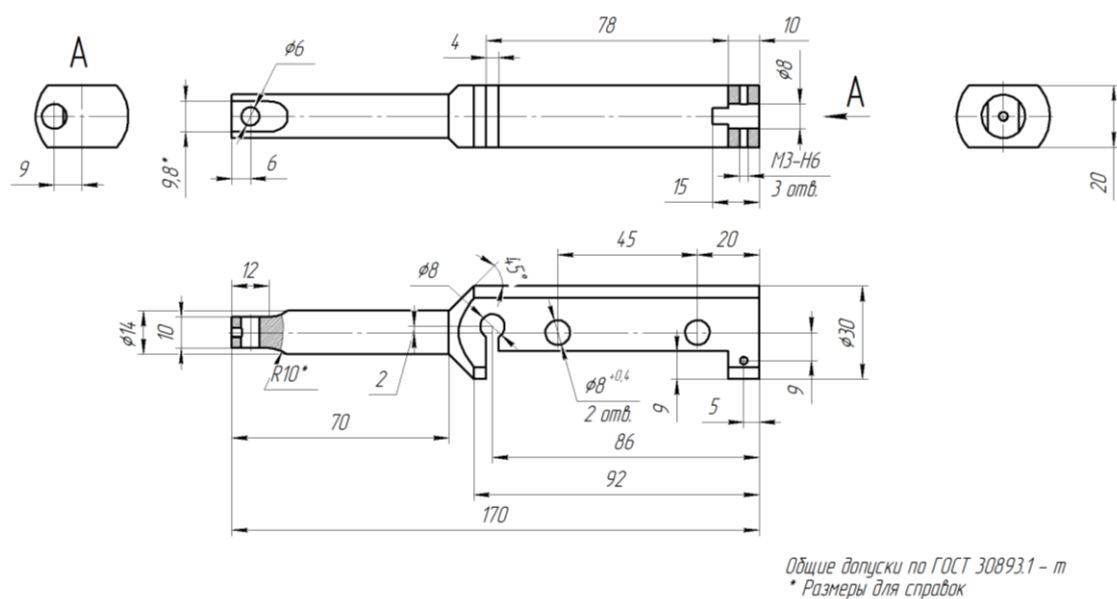


Рисунок 24 - Эскиз оправки динамометрической

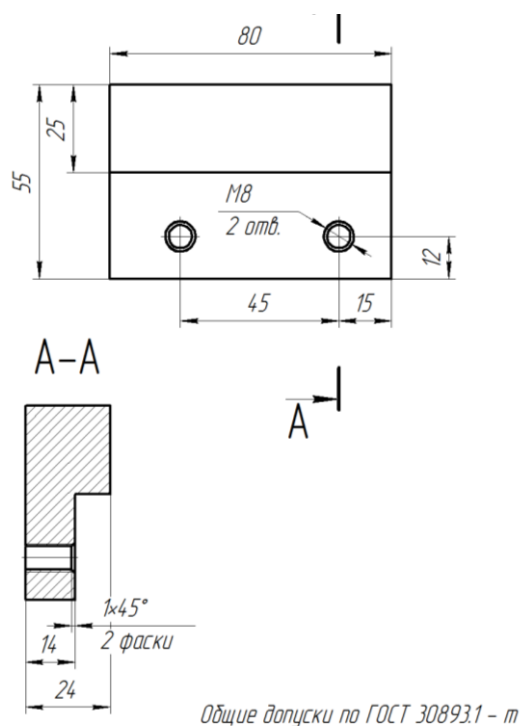


Рисунок 25 - Эскиз основания для оправки

Собранная конструкция изображена на рисунке 26. Оправка 1 прикручивается к основанию 2 винтами М8. Индентор 3 устанавливается на кончик оправки и фиксируется винтом М3. Установка на уровень центров осуществляется набором металлических прокладок. После экспериментов

жесткой оправки для наружного выглаживания, и сложно настройки ее, для оправку для внутреннего выглаживания сделали упругой. Для определения нужно силы необходим индикатор 4 часового типа закреплённой на оправке. Тем самым для установки силы прижатия настраиваемся по индикатору.

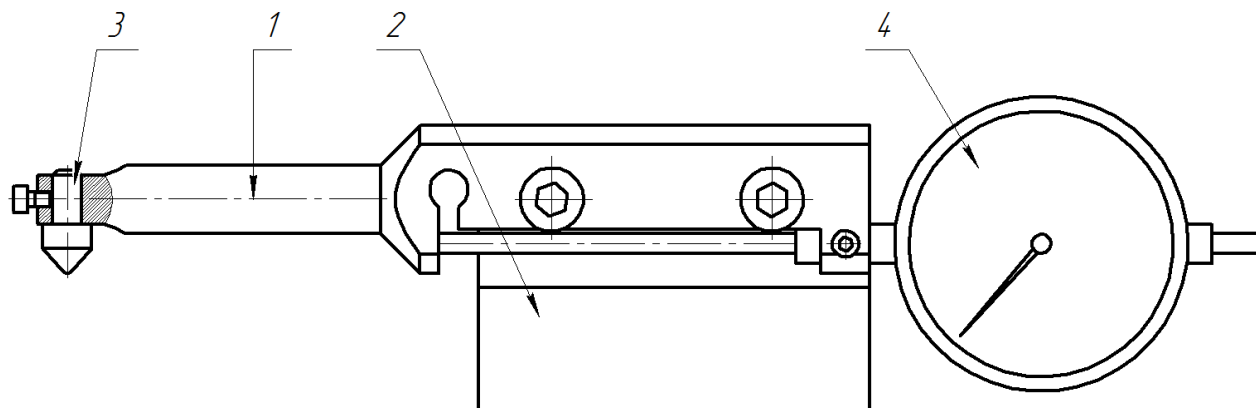


Рисунок 26 - Динамометрическая оправка для внутреннего выглаживания

2.6.1. Тарировка оправки жесткой оправки для внутреннего выглаживания

После изготовления необходимо про тарировать оправку для определения силы относительно перемещения стрелки индикатора. Были предложены две схемы осуществления тарировки. Для первой схемы (рис. 27) использовался пружинный динамометр Токаря со специальной оправкой на станке 1К62. График построен только на растяжение (рис. 28), так как на графике силы не совпадала нагрузка с разгрузкой. Как выяснилось оправка не способна работать с силой нагружения выше 200Н. Так же могло быть трение шарика о эталонный динамометр токаря. Было предложено изменить схему измерений.

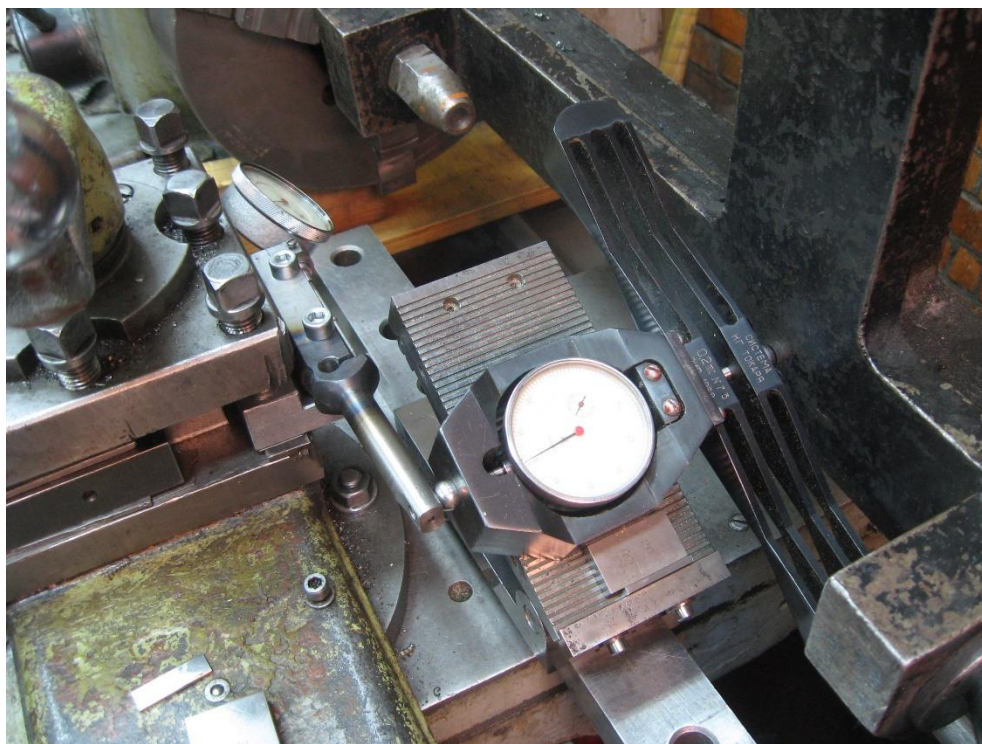


Рисунок 27 - Схема измерения динамометром Токаря

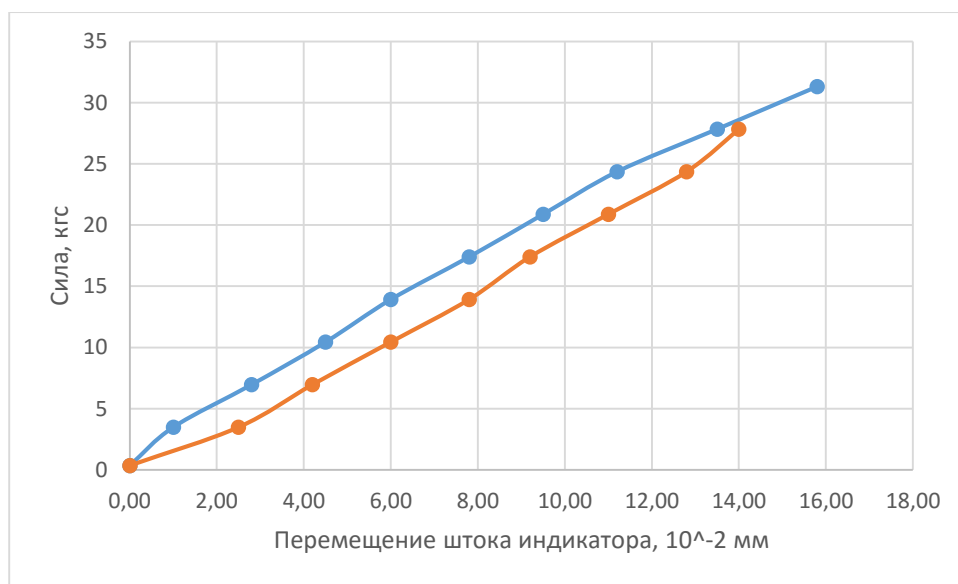


Рисунок 28 - Тарировка динамометрической оправки

Для следующей схемы (рис.29) использовались грузы с массой 2.5 кг каждый. Был построен тарированный график (рис.30) на растяжение-сжатие.

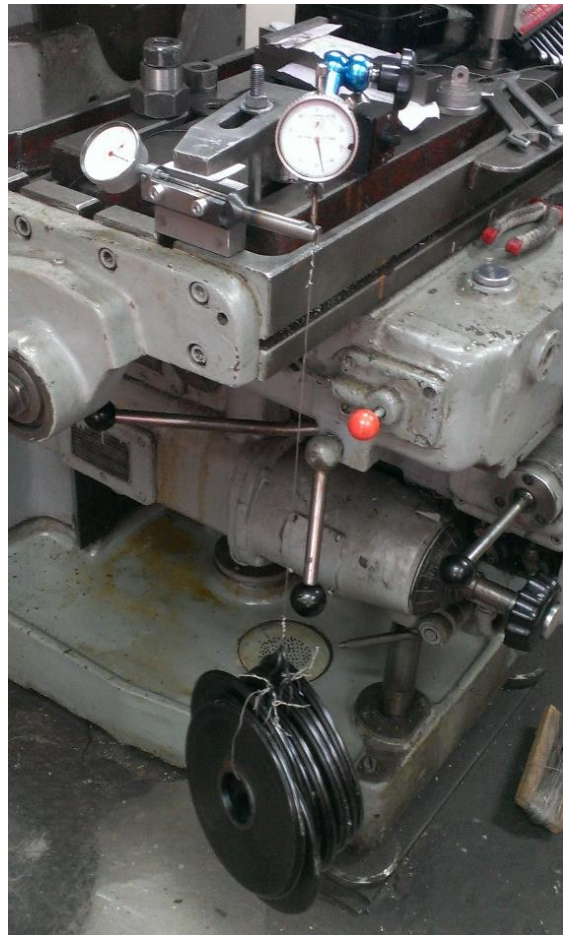


Рисунок 30 - Схема нагрузки грузами

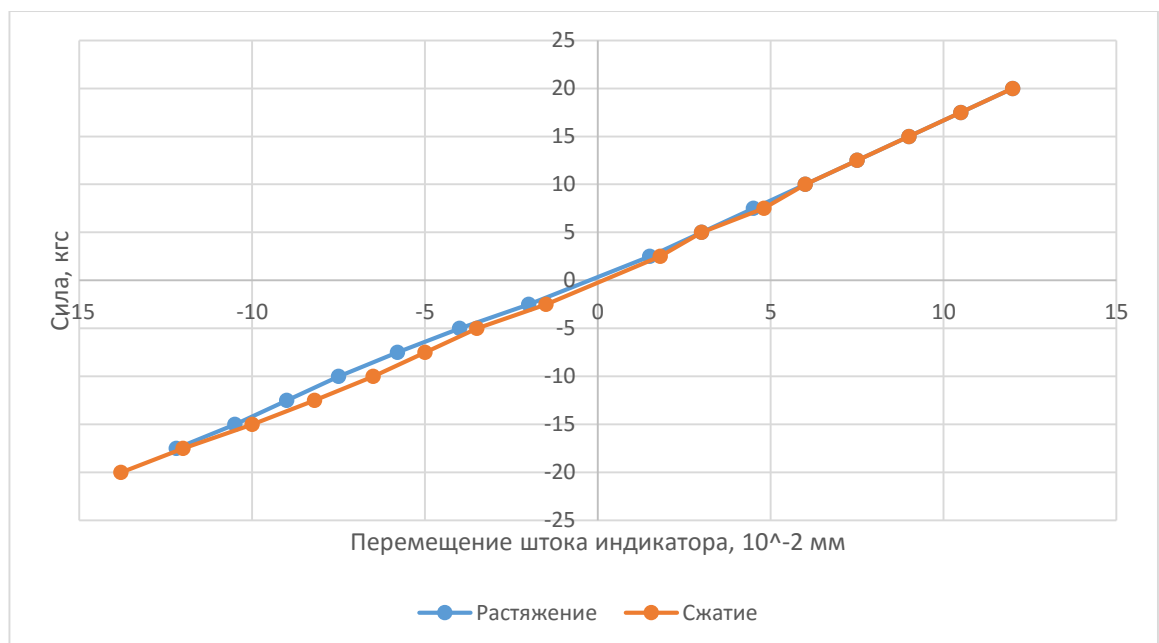


Рисунок 31 - Тарировочный график

С нагружением силы до 200Н оправка прекрасно справляется. Для больших же усилий нужно было выбрать другой материал для изготовления. Можно было бы сделать большее сечение оправки, но это плохо бы сказалось на упругие свойства оправки и были бы незначительные перемещения стрелки индикатора часового типа.



Рисунок 32 – Установленная динамометрическая оправка для внутреннего выглаживания

2.6.2. Силовые зависимости усилия выглаживания при начале однонаправленного движения

Измерения осуществляться аналогично примеру изображённому на рисунке 5.

Оправка работает при усилиях выглаживания до 200Н но для сравнения с предыдущей для внутреннего выглаживания было решено сделать только с усилием 100Н. Проводятся измерения со смазкой и без на материале алюминий Д16Т. Все данные и графики представлены в приложении А таблица 27-30. Графики изображены при 5 кратном сглаживании. Коэффициенты трения

указаны в таблице 2.6, где сила нагружения приблизительно для градации, точную же силу смотреть на графиках в приложении.

Динамометрическая оправка имеет хорошую жесткость по вертикальной поперечной оси, так как оправка при нагрузке индентор не отклоняется в данной оси. Но при движении вращения немного падает радиальная сила R_y . При осевом перемещении в прямом направлении подачи сила выглаживания остается не меняется, а при обратной подачи сильно падает. Это так же влияет на коэффициент трения. Способствует этому отгиб инструмента и следует подача данной оправкой при работе должна быть только прямая.

Таблица 2.7 – Коэффициенты трения динамометрической оправки для внутреннего выглаживания

	Движение вращение				Движение подачи			
	Прямое		Обратное		Прямое		Обратное	
	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка	Сухое	Смазка
100Н	0.235	0.234	0.250	0.238	0.184	0.179	0.145	0.155

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости материалов Расчет заработной платы Отчисления на социальные нужды Накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	SWOT - анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цели и результаты проекта Организационная структура проекта Ограничения и допущения проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	План проекта Бюджет проекта Риски проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
2. Матрица SWOT	
3. График проведения и бюджет НТИ	
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	
5. Потенциальные риски	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Довбня Даниил Петровичу		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Машиностроение является одной из движущих отраслей индустрии. Эффективный рост промышленности, а также в свою очередь темпы внедрения инновационных технологий в превосходящей степени зависят от уровня развития отрасли машиностроения. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Также машиностроение относится к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Рассматриваемые силовые зависимости при алмазном выглаживании и различных конструкций оправок в данной работе нацелены на конкретного

потребителя – средне- и мелкосерийные предприятия машиностроительной направленности.

3.1.2 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны) C1. Использование на универсальных металлорежущих станках C2. Повышение точности обработанных поверхностей C3. Получение пластически упрочненного поверхностного слоя и благоприятных сжимающих остаточных напряжений C4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями в массовом производстве C5. Уменьшение шероховатости поверхности и придание эстетического вида	Weaknesses (слабые стороны) Сл1. Для осуществления обработки деталей с биением требуются специальные оправки Сл2. Не все поверхности возможно обработать Сл3. Необходима проточка деталей если нет специальной оправки Сл4. Ограниченная область применения алмазного выглаживания
Opportunities (возможности) B1. Заинтересованность исследователей, в том числе зарубежными, данным способом пластического деформирования B2. Возможность внедрения результатов проведенного исследования на производство B3. Появление новых технологий	Threats (угрозы) У1. Появление новых более технологичных приспособлений для поверхностного пластического деформирования У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Экономический кризис в стране

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблице 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 и 3.1.4.

Таблица 3.1.1 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	+	+	+
	B2	+	-	+	+	-
	B3	-	+	-	+	-

Таблица 3.1.2 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	-	-
	B2	-	+	-	+
	B3	+	-	-	+

Таблица 3.1.3 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	+	-
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-

Таблица 3.1.4 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	+
	У2	-	+	+	+
	У3	+	-	+	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 3.1.5.

Таблица 3.1.5 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Использование на универсальных металлорежущих станках С2. Повышение точности обработанных поверхностей С3. Получение пластически упрочненного поверхностного слоя и благоприятных сжимающих остаточных напряжений С4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями в массовом производстве С5. Уменьшение шероховатости поверхности и придание эстетического вида	Сл1. Для осуществления обработки деталей с биением требуются специальные оправки Сл2. Не все поверхности возможно обработать Сл3. Необходима проточка деталей если нет специальной оправки Сл4. Ограниченная область применения алмазного выглаживания

Возможности: В1. Заинтересованность исследователей, в том числе зарубежными, данным способом пластического деформирования В2. Возможность внедрения результатов проведенного исследования на производство В3. Появление новых технологий	В1С3С4С5 В2С3С4 В3С2С4	В1Сл1Сл2 В2Сл2Сл4 В3Сл1Сл4
Угрозы: У1. Появление новых более технологичных приспособлений для поверхностного пластического деформирования У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Экономический кризис в стране	У1С1С2С4 У2С1 У3С4	У1Сл1Сл2Сл4 У2Сл2Сл3Сл4 У3Сл1Сл3

3.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

3.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 3.2 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение исследований силовых зависимостей при алмазном выглаживании

В табл. 3.3 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 3.3 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследование силовых зависимостей при алмазном выглаживании
Ожидаемые результаты проекта:	Получение силовых зависимостей при выглаживании оправками различных конструкций
Критерии приемки результата проекта:	Эффективная и работоспособная оснастка для обработки винтов на токарный станок.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Получение результатов исследований
	Способ измерения силовых зависимостей
	Оформленный графический материал
	Оформленная магистерская диссертация

3.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном

проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Рабочая группа проекта

№ п/ п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Довбня Д.П., магистрант каф. ТАМП	Исполнитель	1. Проведение испытаний. 2. Анализ результатов 3. Составление отчета.	1500
2	Червач Ю.Б., НИ ТПУ, доцент	Руководитель, эксперт	1.Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в проведении анализа и оформлении отчета.	130
ИТОГО:				1630

3.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица 3.5 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	180000 руб.

3.1.1. Источник финансирования	ЗАО “ТОМЗЭЛ”, г. Томск
3.2. Сроки проекта:	12.10.2016-10.06.2016
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	13.11.2015
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 3.6.

Таблица 3.6 - Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	3	12.10.15	15.10.15	Червач Ю.Б.
2	Изучение литературы	19	19.10.15	7.11.15	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.
3	Разработка календарного плана	4	9.11.15	13.11.15	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.
4	Обсуждение литературы	26	16.11.15	12.12.15	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.

5	Выбор методики проведения эксперимента	12	14.12.15	26.12.15	Довбня Д.П.
6	Подготовка образцов к эксперименту	12	11.01.16	23.01.16	Довбня Д.П.
7	Проведение экспериментов	54	1.02.16	26.03.16	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.
8	Анализ результатов исследования	5	28.03.16	2.04.16	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.
9	Оформление пояснительной записки	40	4.04.16	14.05.16	Довбня Д.П.
10	Оформление графического материала	5	16.05.16	21.05.16	Довбня Д.П.
11	Подведение итогов	18	23.05.16	10.06.16	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.
И т о г о:		193			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы

Таблица 3.7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ								
				окт.	нояб.	дек.	январ.	фев.	март	апр.	май	июнь
1	Постановка целей и задач	Червач Ю.Б.	3									
2	Изучение литературы	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	19		 							
3	Разработка календарного плана	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	4		 							
4	Обсуждение литературы	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	26			 						
5	Выбор методики проведения эксперимента	Довбня Д.П.	12									
6	Подготовка образцов к эксперименту	Довбня Д.П.	12									
7	Проведение экспериментов	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	54					 				
8	Анализ результатов исследования	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	5							 		
9	Оформление пояснительной записки	Довбня Д.П.	40									
10	Оформление графического материала	Довбня Д.П.	5								 	
11	Подведение итогов	Червач Ю.Б. Довбня Д.П.	18									 

 - руководитель  - инженер

по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 3.7 с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями.

3.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

1) Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 3.8 - Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт. (кг)	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
Наконечник из технического алмаза 1419-0201	(10х6х22), R=0,5 мм	1	3000	3000

Продолжение таблицы 3.8

Наконечник из технического алмаза 1419-0203	(10x6x22), R=1,5 мм	1	3000	3000
Наконечник из технического алмаза 1419-0206	(10x6x22), R=3 мм	1	3600	3600
Сталь 12X18H10T	d=60 мм, l=250 мм	5,53	390	2156,7
Сталь 20X	d=60 мм, l=20 мм	2x0,44	270	237,6
Сталь 20X13	d=60 мм, l=20 мм	2x0,44	270	237,6
Сталь 12X18H10T	d=60 мм, l=20 мм	2x0,44	390	343,2
Резец проходной упорный T15K6	25x16	1	106	106
Алюминиевый сплав Д16Т	d=50 мм, l=80 мм	1,22	207	252,5
Всего за материалы				12933,6
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				388
Итого по статье C_m				13321,6

2) Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. $F_{\text{д}} = 1790$ раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264	1,2	1,1	1,3	69559,36	404,14	62	25056,2
Инженер	14874	1,2	1,1	1,3	44473,26	258,4	193	49871,2

3) Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и

общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 3.10 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	25056,2	49871,2
Дополнительная зарплата	2505,62	4987,12
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	82420,14	

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.38 \cdot 82420, = 24726,04 \text{ руб.},$$

3.4 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,7 \cdot 82420,14 = 57694,1 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	13321,6
Основная заработная плата	74927,4
Дополнительная заработная плата	7492,74
Отчисления на социальные нужды	24726,04
Накладные расходы	57694,1
Итоговая плановая себестоимость	178161,9

3.5 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 3.12).

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 3.12 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Изучение литературы	И	О
3. Разработка календарного плана	И	О
4. Обсуждение литературы	И	О
5. Выбор методики проведения эксперимента	И	У
6. Подготовка образцов к эксперименту	И	У
7. Проведение экспериментов	И	О
8. Анализ результатов исследования	И	О
9. Оформление пояснительной записки	И	У
10. Оформление графического материала	И	У
11. Подведение итогов	И	О

3.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 3.13 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставки материала	3	3	Средний	Смена поставщиков	Истечение срока договора
2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Комплектующие изделия по низкой цене	Экономический кризис
3	Технический	Изменение технологии обработки	4	4	Средний	Применение универсальных приспособлений	Изменение конструкции оправок

3.7 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем

задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. (т.н. объекты инвестиций) с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта не представляется возможным.

3.8 Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

где R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 3.14 - Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та n_i
1. Уровень новизны	0,4
2. Теоретический уровень	0,1
3. Возможность реализации	0,5

Таблица 3.15- Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 3.16- Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 3.16 - Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 3.17 - Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 3.18 - Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Обобщение и систематизация данных о различных видах оправок для алмазного выглаживания, формирование рекомендаций по выбору параметров конструкции оправок, определение зависимостей способствующих улучшению выглаживания.
Теоретический уровень	0,1	Элементарный анализ связей между фактами	2	Описание зависимостей влияния параметров алмазного выглаживания на обработанную поверхность.
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Полученные рекомендации позволят правильно подобрать параметры для обработки алмазным выглаживанием, тем самым появится возможность получить необходимое качество поверхности за более короткое время.

Из сводной таблицы 3.18 можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, исследование имеет широкое практическое применение. Назначение режимов выглаживания предполагает определение оптимальных значений силы выглаживания, радиуса рабочей части поверхности алмаза, подачи, скорости обработки, а также типа СОЖ. Эффективность выглаживания в значительной степени определяется средним контактным давлением инструмента на обрабатываемую поверхность, т. е. значением силы, которая прикладывается к алмазному инструменту и распределяется по поверхности, ограниченной площадью контакта. Необходимо определить конкретные значения силы, радиуса алмаза для обработки определенных материалов. Внедрение полученных рекомендаций позволят правильно подобрать параметры для обработки алмазным выглаживанием, тем самым появится возможность получить необходимое качество поверхности за более короткое время.

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{\text{нту}} = 0,4*4 + 0,1*2 + 0,5*10 = 1,6 + 0,2 + 5 = 6,8$$

Таким образом данное исследование имеет средний уровень научно-технического эффекта.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды; – опасных проявлений факторов производственной среды; – негативного воздействия на окружающую природную среду; – чрезвычайных ситуаций.	
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Анализ опасных и вредных производственных факторов.	
Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих.	
3. Экологическая безопасность: – защита от вредных выбросов; – защита от шума; – защита от электромагнитных полей.	
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – пожарная и взрывная безопасность; – безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера.	

Перечень графического материала:

Эскизы производственных помещений	
-----------------------------------	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М. И.	К.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Довбня Даниил Петрович		

4. Социальная ответственность

В данном разделе НИР рассмотрены вопросы, связанные с техникой производственной безопасности и охраной окружающей среды.

Основной целью данного раздела является выявление опасных факторов промышленного производства, создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований сил при алмазном выглаживании различными оправками. В ходе эксперимента цилиндрические заготовки: из стали 12X18H10T, стали 20X, стали 20X13, алюминиевого сплава Д16Т обрабатывались на токарно-винторезном станке 1К62, во время чего измерялись силы выглаживания с использованием трёхкомпонентного динамометра модели 5233A1 фирмы «KISTLER». Полученные с прибора графики и результаты эксперимента обрабатывались на ПК.

4.1 Анализ опасных и вредных факторов

При обработке заготовок на станке возникает ряд вредных и опасных производственных факторов.

Вредные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.
- Абразивная пыль, мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости;
- Повышенный уровень вибрации;
- Повышенный уровень шума;

- Повышенный уровень статического электричества;

Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Получение травм, при работах на токарно-винторезном станке 1К62;

- Поражение электрическим током, при работе оборудования.

- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы.

Кроме того, в ходе выполнения данного проекта большое количество времени работе велась с использованием ПЭВМ. Для работы с данным оборудованием существует следующая типовая инструкция: ТОИ Р 01-00-01-96 «Типовая инструкция по охране труда для операторов и пользователей персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) и работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видеодисплейных терминалов (ВДТ)». Работа оператора ПЭВМ относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда.

Таким образом, в ходе выполнения данного проекта имело место большое количество опасных и вредных производственных факторов

4.2 Производственная санитария

Производственная санитария - это система санитарно-технических гигиенических и организационных мероприятий, препятствующих воздействию на работающих вредных производственных факторов.

Производственная санитария включает оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата в рабочей зоне, защиту рабочих от шума, вибрации, и обеспечение нормативов освещения, а также поддержание в соответствии с санитарными требованиями территории предприятия, основных и вспомогательных помещений (особенно важно в пищевом производстве).

Независимо от состояния природных метеорологических условий данной местности в дисплейных производственных помещениях и на рабочих

местах должны быть созданы климатические условия (производственные, микроклимат) наиболее благоприятные для выполнения заданной работы. Климатические условия определяются сочетанием температуры, влажности и скорости перемещения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей

В результате гигиенических исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления:

- снижается острота зрения, слуха;
- повышается кровяное давление;
- снижается внимание.

Сильно продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно сосудистой и нервной систем. Измерение шума проводят с целью оценки его на рабочих местах или рабочих зонах для сопоставления с требованиями санитарных норм, а также для оценки шумовых характеристик машин и оборудования, с целью разработки мероприятий по борьбе с шумом. Для оценки шума используют частотный спектр измеренного уровня звукового давления, выраженного в децибелах в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

4.2.1 Расчёт достаточной площади и объёма помещения

Помещение, где производится работа, должно соответствовать количеству работающих и размещенному в них комплексу технических средств. Рабочие комнаты должны иметь естественное освещение, в сочетании с искусственным освещением в темное время суток. Рациональное световое оформление помещений направлено на улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение его производительности.

При планировании помещений необходимо, соблюдать нормы полезной площади и объем помещения для работающих. Размер помещения,

где проводятся работы по составлению документации, имеет следующие параметры:

- длина комнаты $A = 6$ м;
- ширина комнаты $B = 4$ м;
- высота комнаты $H = 3,5$ м.

Площадь комнаты находится по формуле (1):

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Объем комнаты рассчитывается по формуле (2):

$$V = A \cdot B \cdot H = 6 \cdot 4 \cdot 3,5 = 84 \text{ м}^3 \quad (2)$$

Согласно санитарным нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340 площадь помещения из расчета генерирования требований к персональному ЭВМ и организационной работы на одно рабочее место для взрослых пользователей, следует предусматривать величиной не менее $4,5 \text{ м}^2$, объем - не менее 15 м^3 с учетом максимального числа одновременно работающих. Так как в кабинете оборудовано четыре рабочих места, то на одного человека приходится 6 м^2 по площади и 21 м^3 объема потребляемого воздуха. Следовательно, данное помещение имеет необходимый объем воздуха и площадь для работы каждого человека.

4.2.1 Микроклимат в помещении

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340. Все категории работ разграничиваются

на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа инженера-технолога относится к категории 1а - работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением.

Для помещения без избытка выделения тепла для работ категории тяжести 1а оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать требованиям таблицы 4.1.

Таблица 4.1 - Параметры микроклимата

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	1а	(21÷23)	(20÷25)	55	(15÷75)	0,1	0,1
Теплый	1а	(22÷24)	(21÷28)	55	(15÷75)	0,1	0,1

Из таблицы 4.1 видно, что в анализируемой комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

4.2.2 Виброакустические факторы

Шум на производстве - это ещё одна проблема, которая наносит большой экономический и социальный ущерб. Шум не благоприятно воздействует на организм человека, технические и физиологические нарушения, снижает работоспособность и создаёт предпосылки для общих профессиональных заболеваний и производственного травматизма. По ГОСТ 12.1.003-83 на участке сборке уровень звука и эквивалентные уровни звука не должны превышать 80 дБ А.

Необходимые условия для снижения шума:

- Всё оборудование, применяемое на участке сборки, для снижения шума установлено на виброопорах;
- На данном участке, при выполнении мероприятий по сокращению проникновения шумов на улицу, световые проёмы целесообразно закладывать стеклоблоками.

Вибрация - является вредным производственным фактором. Вибрация - это механические колебания твёрдых тел, передаваемые организму человека. Они могут быть причиной расстройства сердечно-сосудистой и нервной системы, а также опорно-двигательной системы человека. Измерение вибрации производится прибором ВШВ-003, снабженным датчиком вибрации. Нормативным документом, рассматривающим уровни шума для различных категорий рабочих мест, служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-88. По которому уровень шума должен составлять 38 дБ, в нашем случае уровень шума составил меньше, что соответствует нормам.

4.2.3 Исследование освещенности рабочей зоны

Применение на рабочих местах одного местного освещения не допускается. Общее же равномерное освещение применяется для тех помещений, где работа производится по всей площади, и нет необходимости в лучшем освещении отдельных участков.

Система общего локализованного освещения применяется тогда, когда

в производственном помещении есть участки, на которых проводятся работы с высоким зрительным напряжением.

Система комбинированного освещения применяется в помещении, где выполняются точные зрительные работы; в случае необходимости определённого, изменяемого в процессе работы направления света, а так же в помещениях с не высокой плотностью распределения рабочих мест.

Световой поток создаваемый каждой из ламп рассчитывается по формуле

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (3)$$

где F – световой поток одной лампы, лк;

E – минимальная освещенность, лк, $E = 400$ лк;

S – площадь помещения, м², $S = 24$ м²;

z – поправочный коэффициент, $z = 0,9$;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

η – коэффициент использования осветителей, %;

n – число светильников в помещении.

Коэффициент k для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения (i), рассчитанный по выражению (4)

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4)$$

где A – длина помещения, м, $A = 6$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 4$ м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, оклеенными светлыми обоями, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 30$ % и потолка $\rho_n = 70$ %.

По формуле (5) определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (5)$$

где h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0,8$ м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 0,1$ м;

H – высота потолка в помещении, м, $H = 3,5$ м.

Из расчетов следует, что $h = 2,6$ м, тогда согласно выражению (4)

$$i = \frac{6 \cdot 4}{2,6 \cdot (6 + 4)} = 0,92 \quad (6)$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и ρ_n примем $\eta = 46$ %.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СНиП 23-05, рассчитаем количество лампочек в помещении, выразив отношение из формулы (3).

$$n = \frac{400 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 1,5}{1380 \cdot 0,46} = 20,4 \quad (7)$$

Таким образом, люминесцентные лампочки дневного света в количестве 20 штук, мощностью 30 Вт, потребляемые ток 0,34 А при питании 220 В, достаточны для обеспечения требуемой освещенности в помещении.

4.2.4 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов. Технический прогресс постоянно увеличивает возможности воздействия на окружающую среду и создает предпосылки для возникновения экологических кризисов. Поэтому в настоящее время вопросы охраны окружающей среды и

рационального использования природных ресурсов имеют первостепенное значение.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение электрооборудования, ПЭВМ, различных средств вычислительной техники значительно упрощают процесс проектирования, эксплуатации, а также утилизации и защиты природы от вредных воздействий человечества. Например, инженер, метролог, контролер и др. теперь используют электронные пакеты обработки и носители информации, что значительно сокращает применение бумаги, а значит и вырубку тысячи гектаров леса. Но, с другой стороны, все большее внедрение и применение ПЭВМ приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

Проблему с выбросом перегоревших люминесцентных ламп можно частично решить при выполнении требований утилизации соответствующих ламп.

При написании дипломного проекта на предприятии вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления,

катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Разработаем для нашего помещения систему пожарной сигнализации (СПС). СПС - это комплекс технических средств, предназначенный для обнаружения признаков возгорания на объекте и подачи сигнала тревоги на пульт охраны, а также управление системами оповещения, автоматического тушения пожара и инженерными системами здания. Принцип проектирования, монтажа и технического обслуживания пожарной сигнализации основан на требованиях соответствующих нормативных документов, отраслевых и ведомственных стандартов. Материалы и оборудование, применяемые для монтажа пожарной сигнализации должны быть сертифицированы (иметь пожарные сертификаты).

Для обнаружения загораний в нашем здании используем извещатели пламени и тепловые пожарные извещатели. Это объясняется тем, что цикл горения веществ разный и протекает при различных скоростях, а также может сопровождаться открытым пламенем уже на начальном этапе возгорания.

Выберем пожарные извещатель пламени ИПП-330-1-1-С. Данный извещатель имеет высокую дальность обнаружения очага пожара и приемлемым временем распознавания пожара [4].

Таблица 4.2 - Технические характеристики ИПП-330-1-1-С

Дальность обнаружение тестового очага поражения (ТП5), угол обзора	60м, 10°
Напряжение питания	8...28 В
Ток потребления, не более	15 мА
Время обнаружения пожара	2 сек
Габаритные размеры	80×70×60 мм
Масса извещателя	0,35 кг
Исполнение	IP 65
Рабочая температура	-40..+50°C

В качестве теплового извещателя выберем ИП-101-1А-АЗ [5]. Извещатель соответствует требованиям ГОСТ 22782.5.

В проектируемой системе есть возможность ручного извещения с помощью обслуживающего персонала. Это необходимость возникает в случаях отказа автоматика или первичное обнаружение пожара персоналом. В качестве ручного извещателя выберем ИПР-К (СУ). Извещатели выполнены в ярко красном-корпусе из ударопрочной пластмассы. Приводятся в действие нажатием на приводной элемент - неразрушаемую пластину в глубине корпуса, с надписью, определяющей место и направление приложения усилия. После срабатывания пластина фиксируется в нажатом состоянии. Контрастная шторка, появившаяся в углублении, указывает, что извещатель переведен в тревожное состояние. Контакты извещателя изменяют состояние шлейфа сигнализации [6].

Таблица 4.3 - Технические характеристики ИПР-К (СУ)

Диапазон коммутируемых напряжений постоянного или переменного тока, мА	5,0 ... 72,0
Диапазон коммутируемых токов, В	0,1 ... 200,0
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ... +55

Так же необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

На рисунке 4.1 представлен план эвакуации аудитории 101а, где проводились экспериментальные исследования

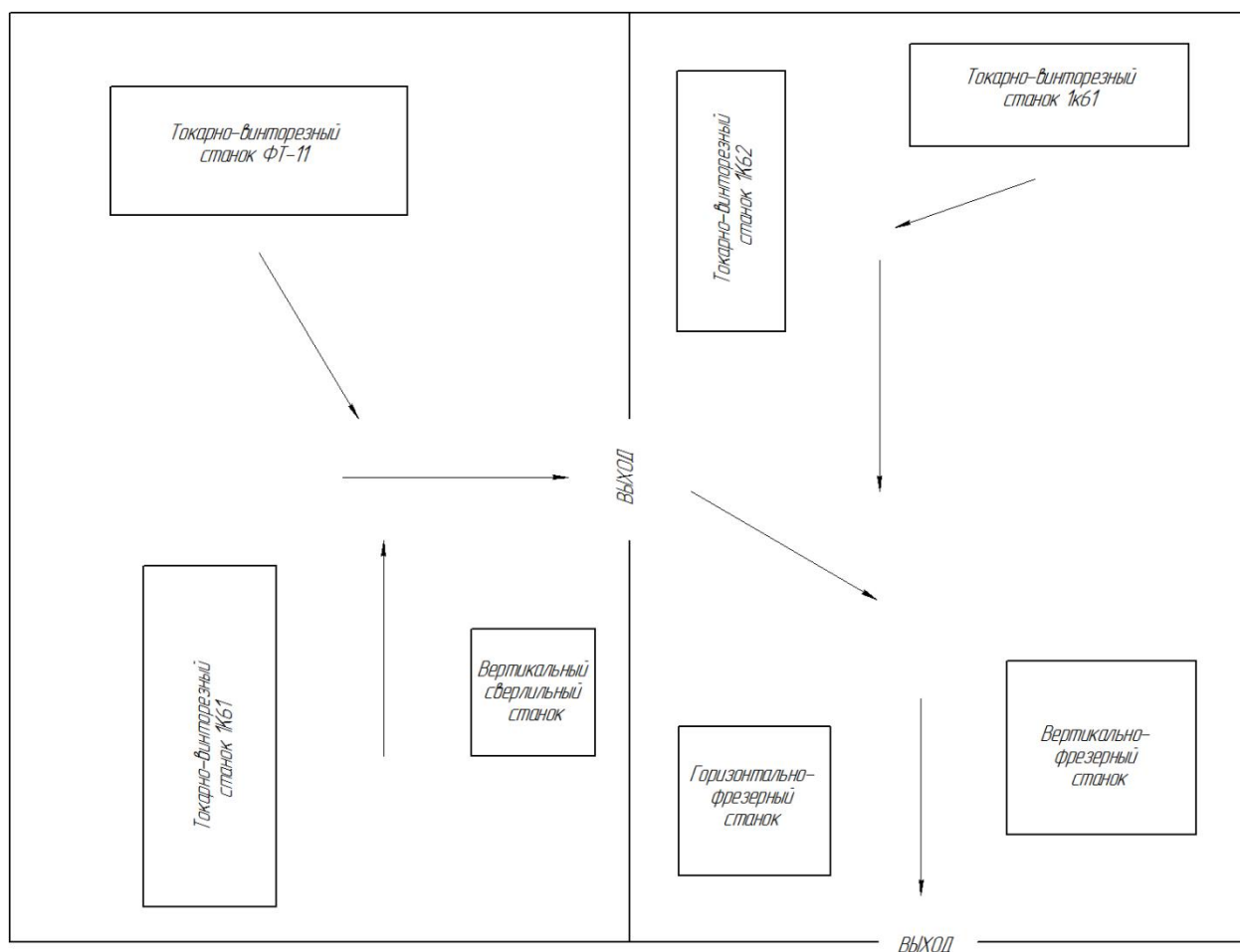


Рисунок 4.1 - План эвакуации

В данной работе для сотрудников созданы комфортные условия труда, такие как рабочее место, объем помещения и его состояние, в том числе освещенность обеспечивающая оптимальную динамику работоспособности, улучшение санитарно-гигиенических условий труда и сохранение здоровья. Рассмотрены вопросы связанные с пожарной безопасностью, шум, вибрация и план эвакуаций.

Заключение

В данной работе были изучены силовые зависимости при алмазном выглаживании при начале движения различными оправками. Были получены результаты для оправок для внутреннего выглаживания и наружного, жесткой системы и упругой. Изучался процесс страгивания оправок при движении и схватывание, так как данный процесс имеет место быть и в процессе обычного выглаживания. Страгивание и схватывание происходит на упругих оправках, так как возникают перемещения индентора и влияет на силу трения. На жестких оправках это отсутствует, но зато не постоянная сила прижатия индентора. Следует вывод для поддержания постоянной силы выглаживания исключения схватывании, необходимо изменение направления вектора силы только в одном направлении. В остальных же направлениях должны быть предпочтительно жесткое закрепление.

Список литературы

1. Евсин Е.А. Исследование возможности оптимизации инструмента для алмазного выглаживания / Е.А. Евсин // Совершенствование процесса абразивно-алмазной и упрочняющей технологии в машиностроении: сб. ст. Пермь: Перм. политехн. ин-т, 1983. С. 63-70.
2. Клепиков В.В. Технологические процессы алмазного выглаживания: учеб. для вузов / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.
3. Горгоц В.Г. Теоретический анализ динамики процесса алмазного выглаживания поверхностей деталей методом фазовой плоскости / В.Г. Горгоц, В.П. Куднецов // Технология машиностроения. 2006. № 11. С. 18-21.
4. Донсков А.С. Исследование контактной зоны деформации при выглаживании инструментом произвольной формы / А.С. Донсков // Совершенствование процессов абразивно-алмазной и упрочняющей технологии в машиностроении: сб. ст. Пермь: Перм. политехн. ин-т, 1983. С. 36-45.
5. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Л. Г. Одинцов. — М.: Машиностроение, 1987.
6. Качество поверхностей, полученное алмазным выглаживанием / Л. А. Хворостухин, Н. Н. Ильин // Труды научно-исследовательского института метрологии высших учебных заведений. — 1977. — Вып. 15. — С. 70-82
7. О технологических возможностях и эффективности процесса алмазного выглаживания / Л. А. Хворостухин, Н. Н. Ильин // Научные принципы управления качеством поверхностного слоя при механической обработке. — 1977. — № 5. — С. 170-174.
8. Повышение износостойкости деталей алмазным выглаживанием / Л. А. Хворостухин, А. С. Чабан // Вестник машиностроения : научно-технический и производственный журнал / Орган Госкомитета Совета

Министров СССР по науке и технике. — 1973. — № 10. — С. 11-19. — ISSN 0042-4633.

9. Щербак А. М. Механические и микромеханические особенности алмазного выглаживания. – В сб.: Алмазы и сверхтвердые материалы, 1979, № 9, с. 8-9.

10. Повышение несущей способности деталей машин алмазным выглаживанием // В.К. Яценко, Г.З. Зайцев, В.Ф. Притченко – М.: Машиностроение, 1985. 232 с., ил.

11. Гурин Ф.В. и Смелянский В.М. Шероховатость и отклонение формы при алмазном выглаживании жестким инструментом. Сб. «Размерно-чистовая и упрочняющая обработка поверхностным деформированием», Минск, АН БССР, 1966 №3.

12. Торбило В.М., Алмазное выглаживание. М., «Машиностроение», 1972, 105 с.

13. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник/ Под общ. ред. А.М. Маслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 554 с.: ил.

14. Руководство к универсальному динамометру УДМ конструкции ВНИИ. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт(ВНИИ), 1983. – 22 с.: ил.

15. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009.- 64с.

16. Влияние шероховатости исходной поверхности на силу алмазного выглаживания Антонюк Ф. И., Калмыков В. В., Федоров В. А./ Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 171–180.

17. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием Папшев Д. Д./ М.: Машиностроение, 1978. 152 с.

18. Трение, изнашивание, смазка Справочник Кн. I/ Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина – М.: Машиностроение, 1978. 400 с.

Приложение А

(рекомендуемое)

Таблица 1 – Наружное выглаживание жесткой оправкой. Движение вращение прямое.

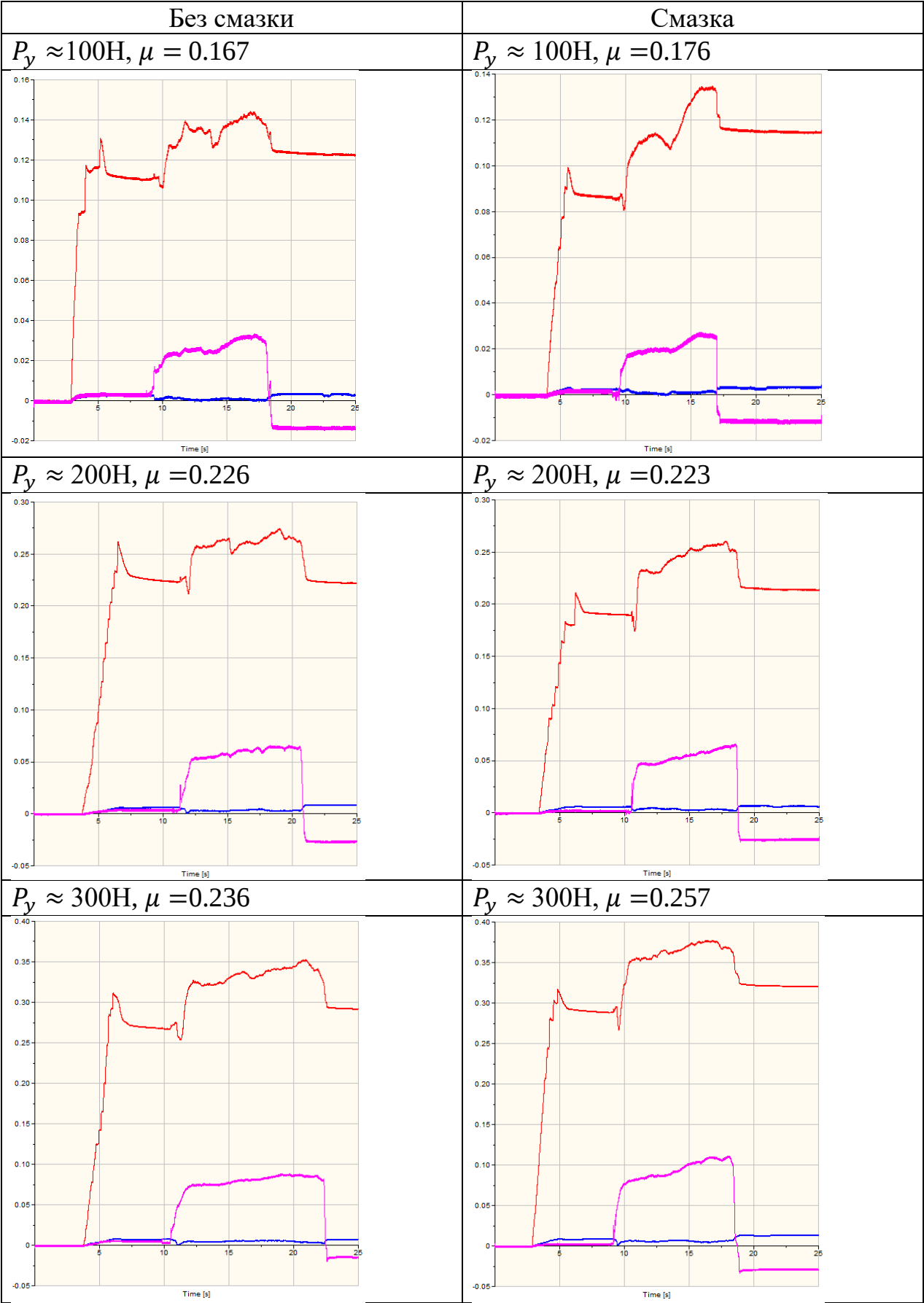


Таблица 2 – Наружное выглаживание жесткой оправкой. Движение вращение обратное.

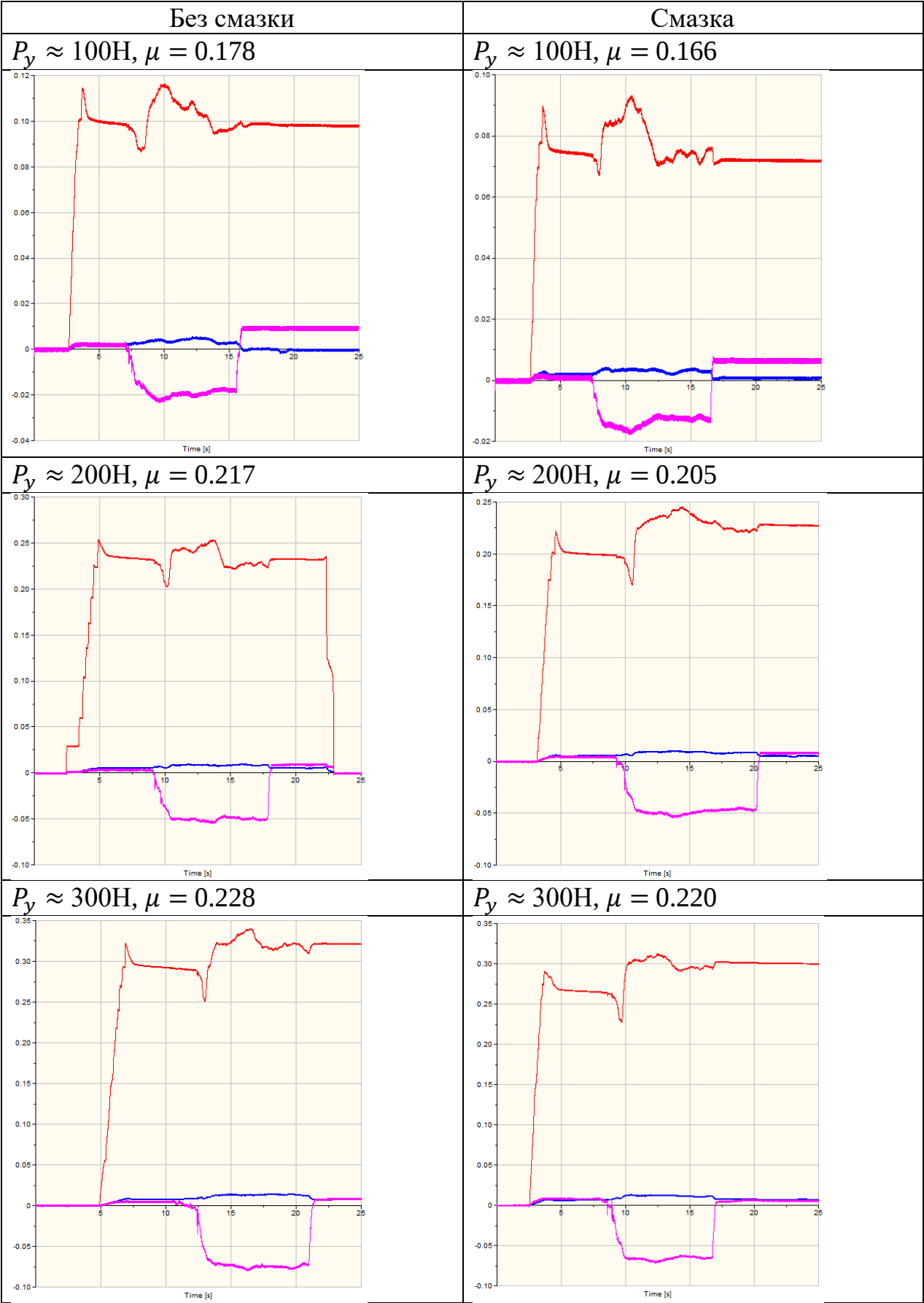


Таблица 3 – Наружное выглаживание жесткой оправкой. Движение подачи продольное прямое.

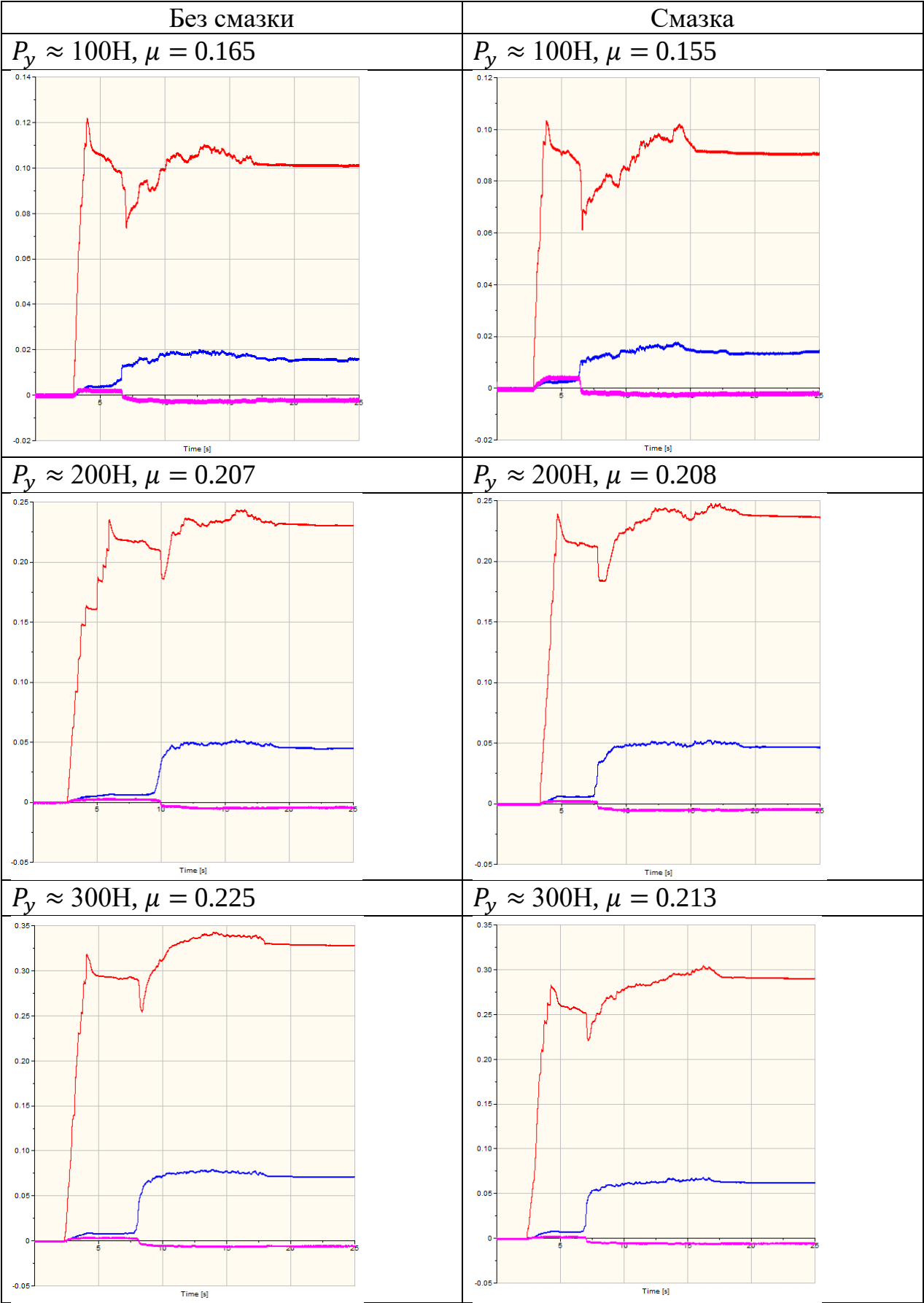


Таблица 4 – Наружное выглаживание жесткой оправкой. Движение подачи продольное обратное.

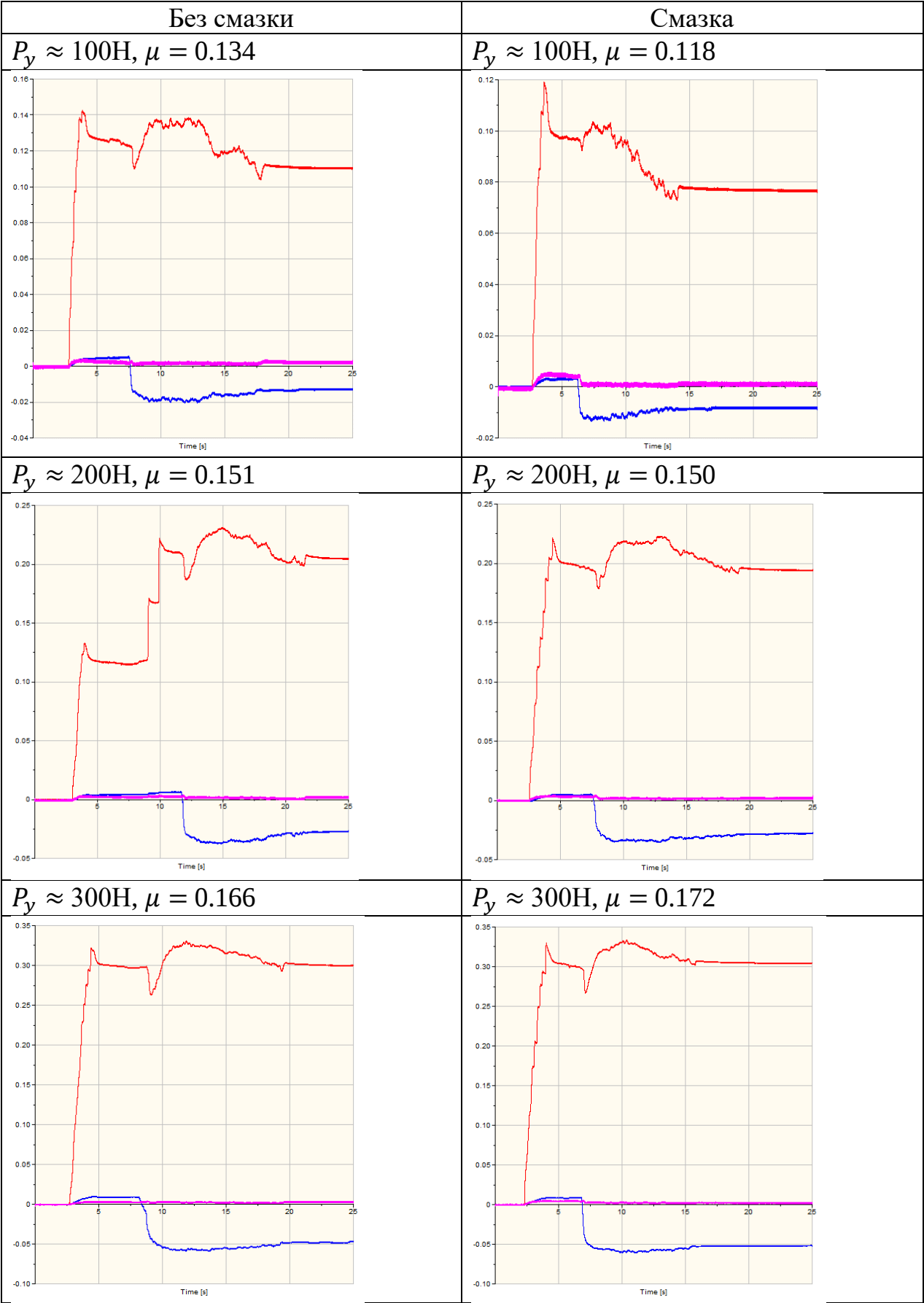


Таблица 5 – Наружное выглаживание горизонтально расположенной динамометрической оправкой. Движение вращение прямое.

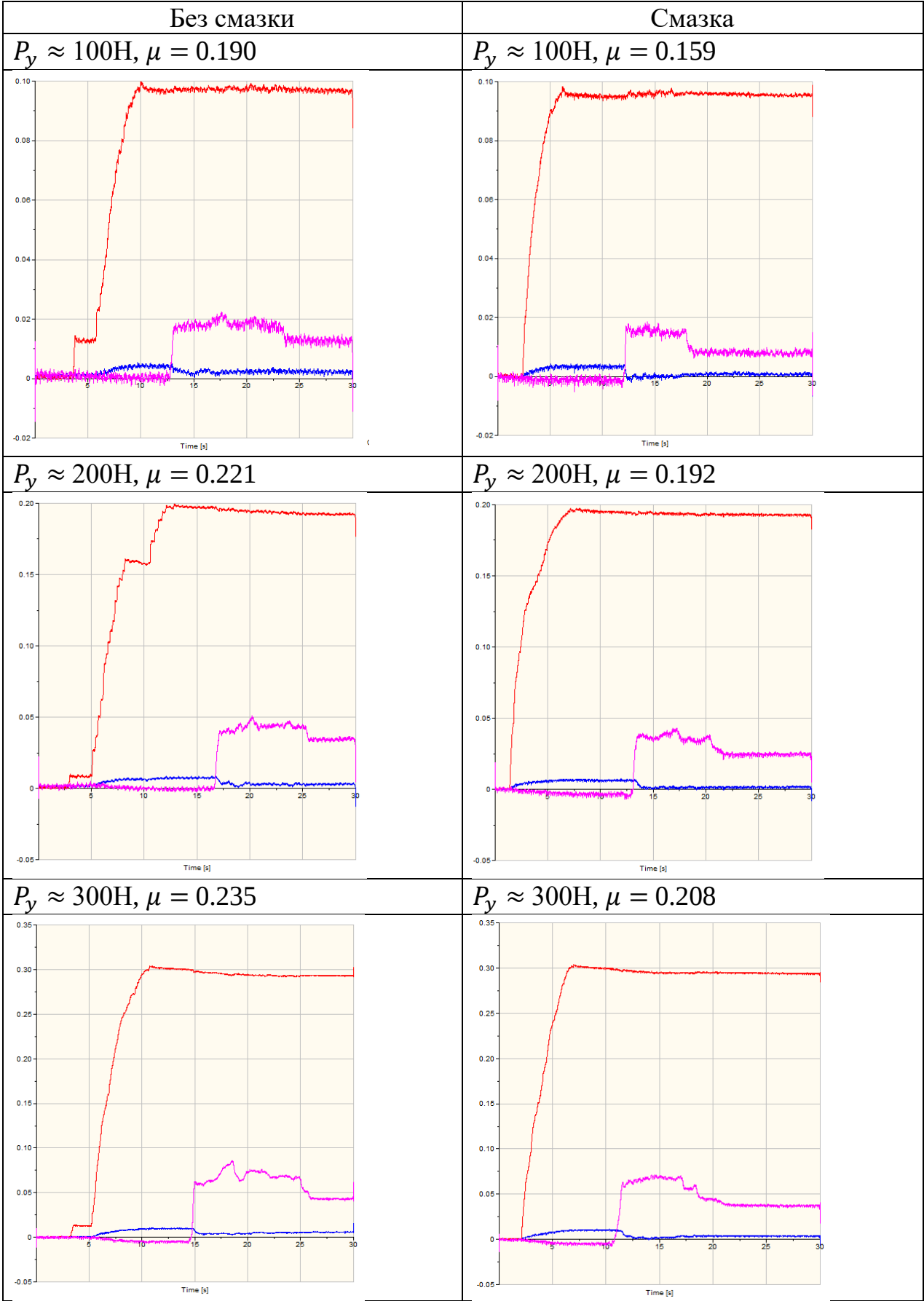


Таблица 6 – Наружное выглаживание горизонтально расположенной динамометрической оправкой. Движение вращение обратное

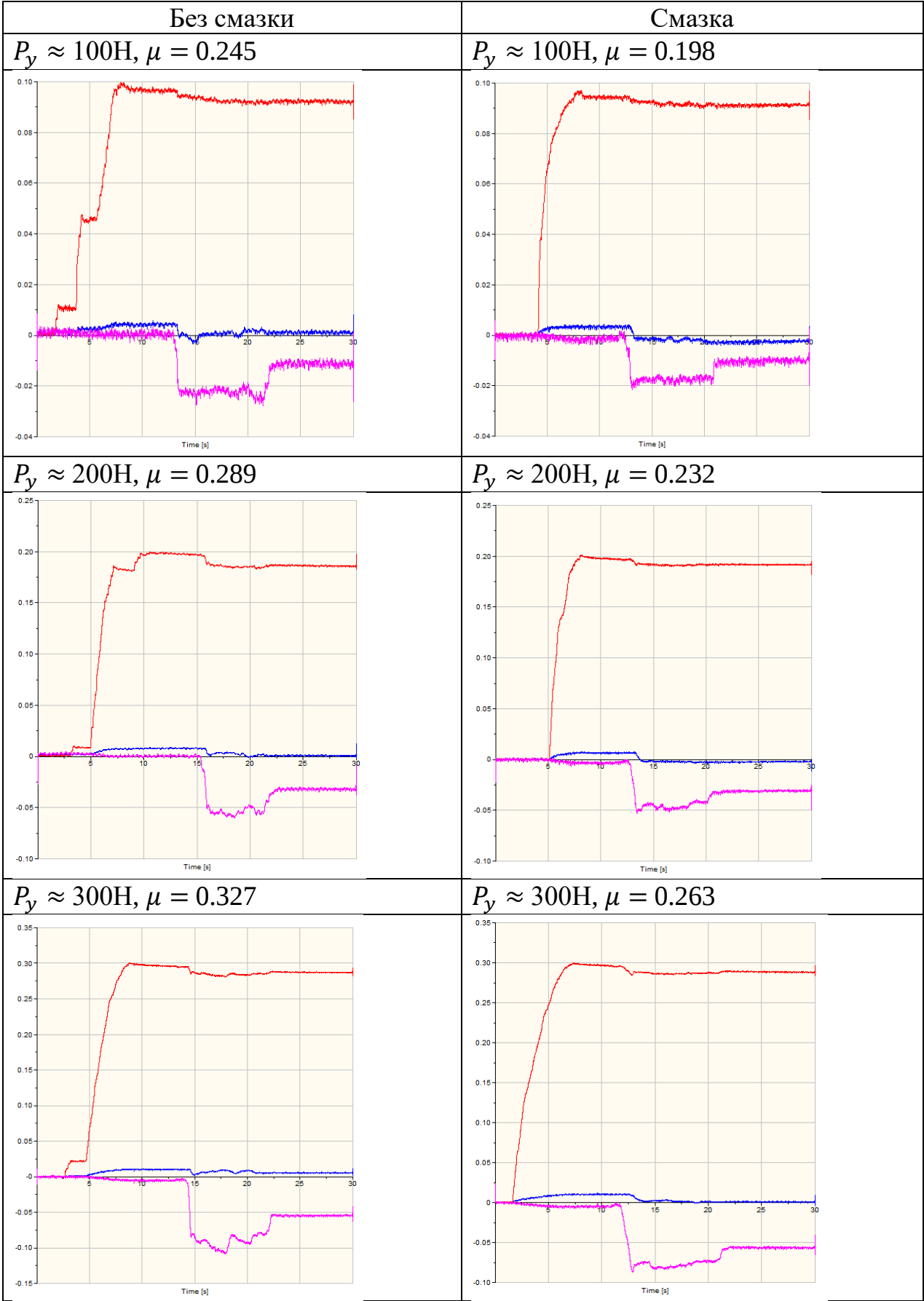


Таблица 7 – Наружное выглаживание горизонтально расположенной динамометрической оправкой. Движение подачи продольное прямое.

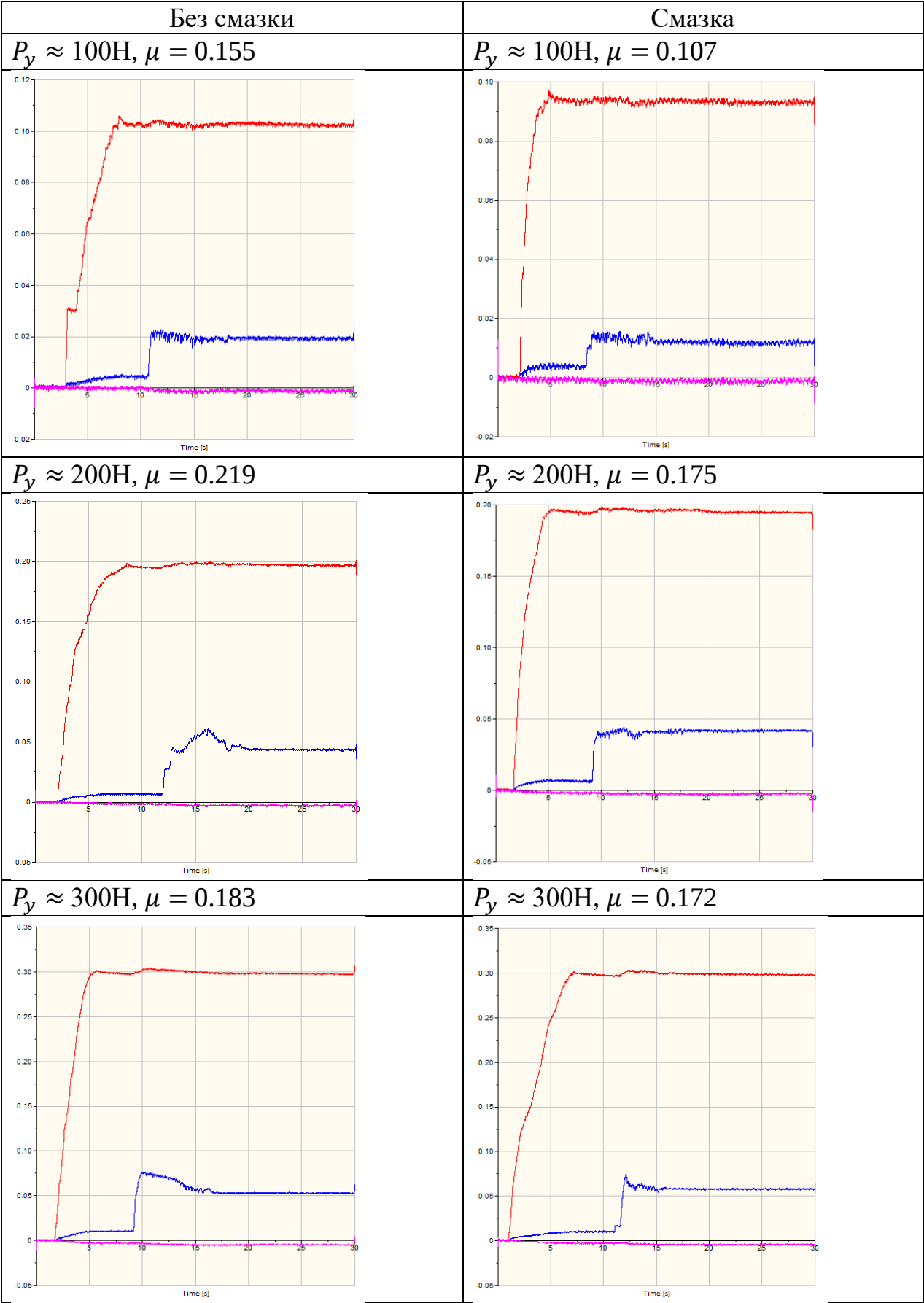


Таблица 8 – Наружное выглаживание горизонтально расположенной динамометрической оправкой. Движение подачи продольное обратное.

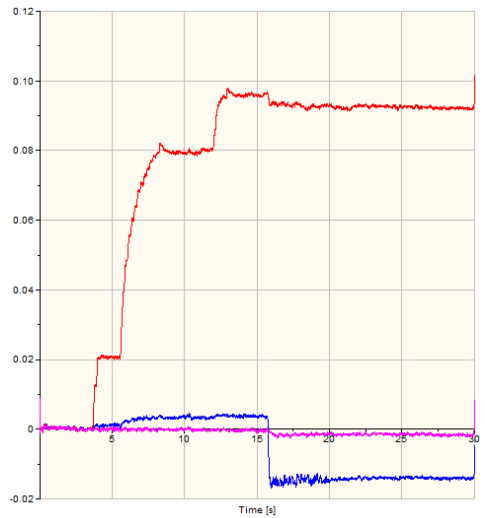
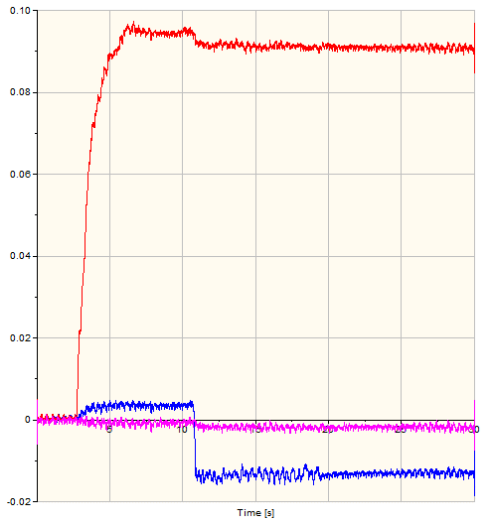
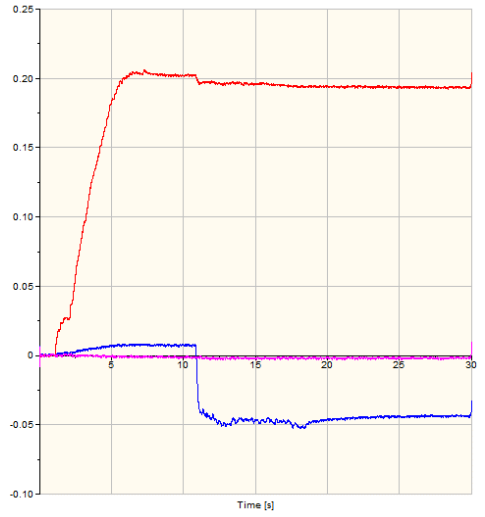
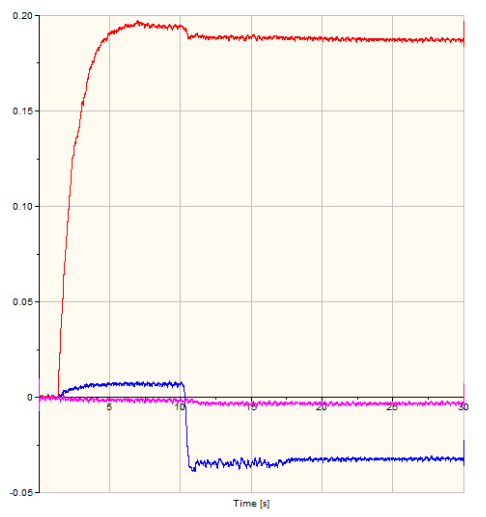
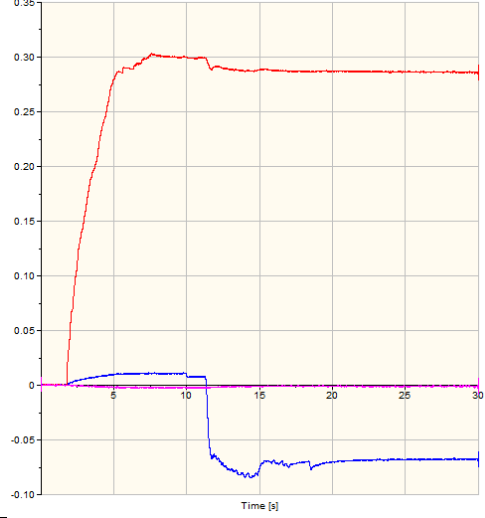
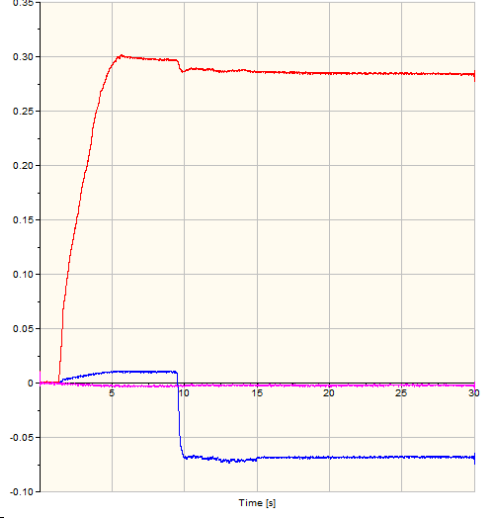
Без смазки	Смазка
$P_y \approx 100\text{H}, \mu = 0.196$ 	$P_y \approx 100\text{H}, \mu = 0.178$ 
$P_y \approx 200\text{H}, \mu = 0.279$ 	$P_y \approx 200\text{H}, \mu = 0.219$ 
$P_y \approx 300\text{H}, \mu = 0.277$ 	$P_y \approx 300\text{H}, \mu = 0.272$ 

Таблица 9 – Наружное выглаживание вертикально расположенной динамометрической оправкой. Движение вращения прямое.

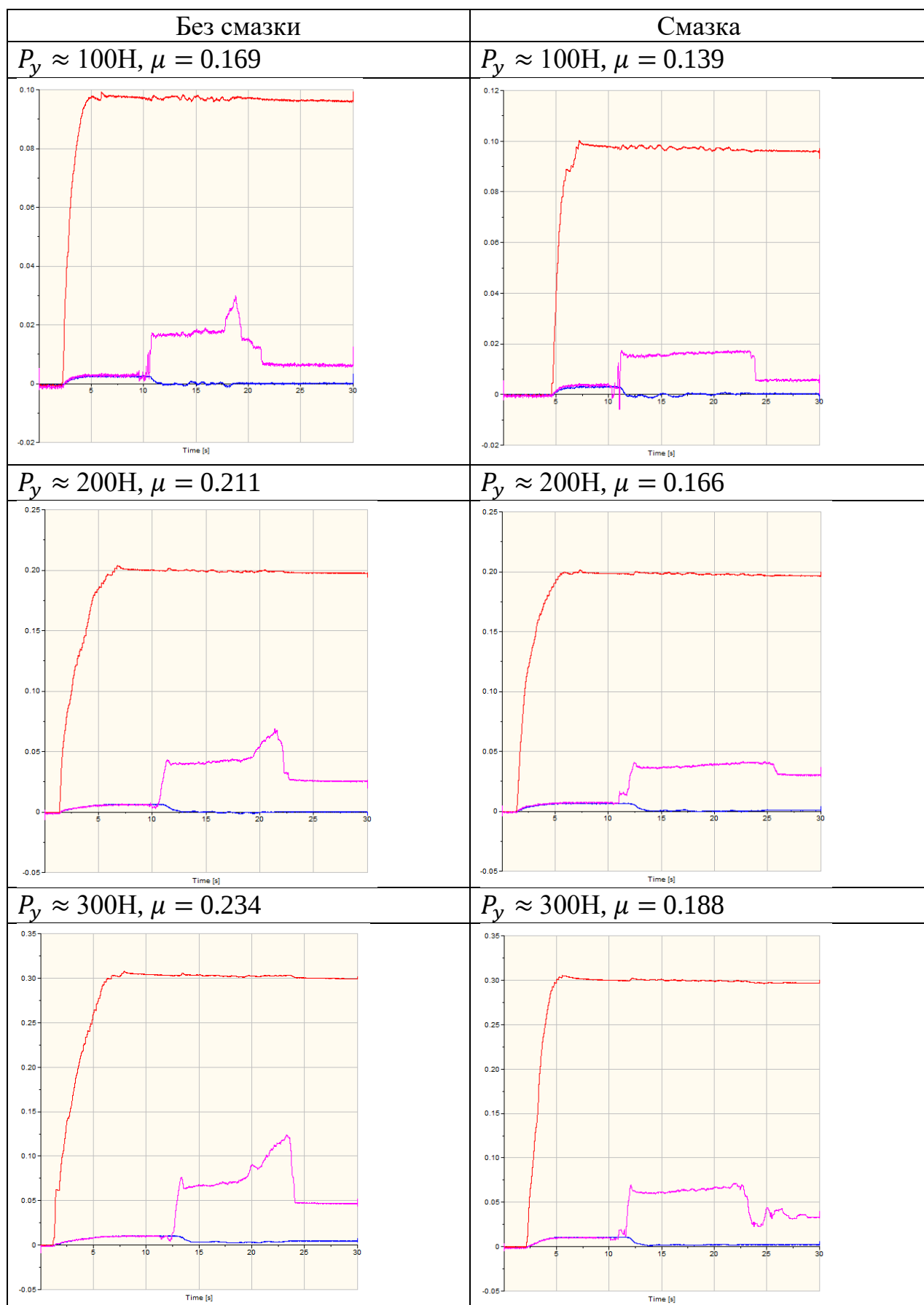


Таблица 10 – Наружное выглаживание вертикально расположенной динамометрической оправкой. Движение вращение обратное.

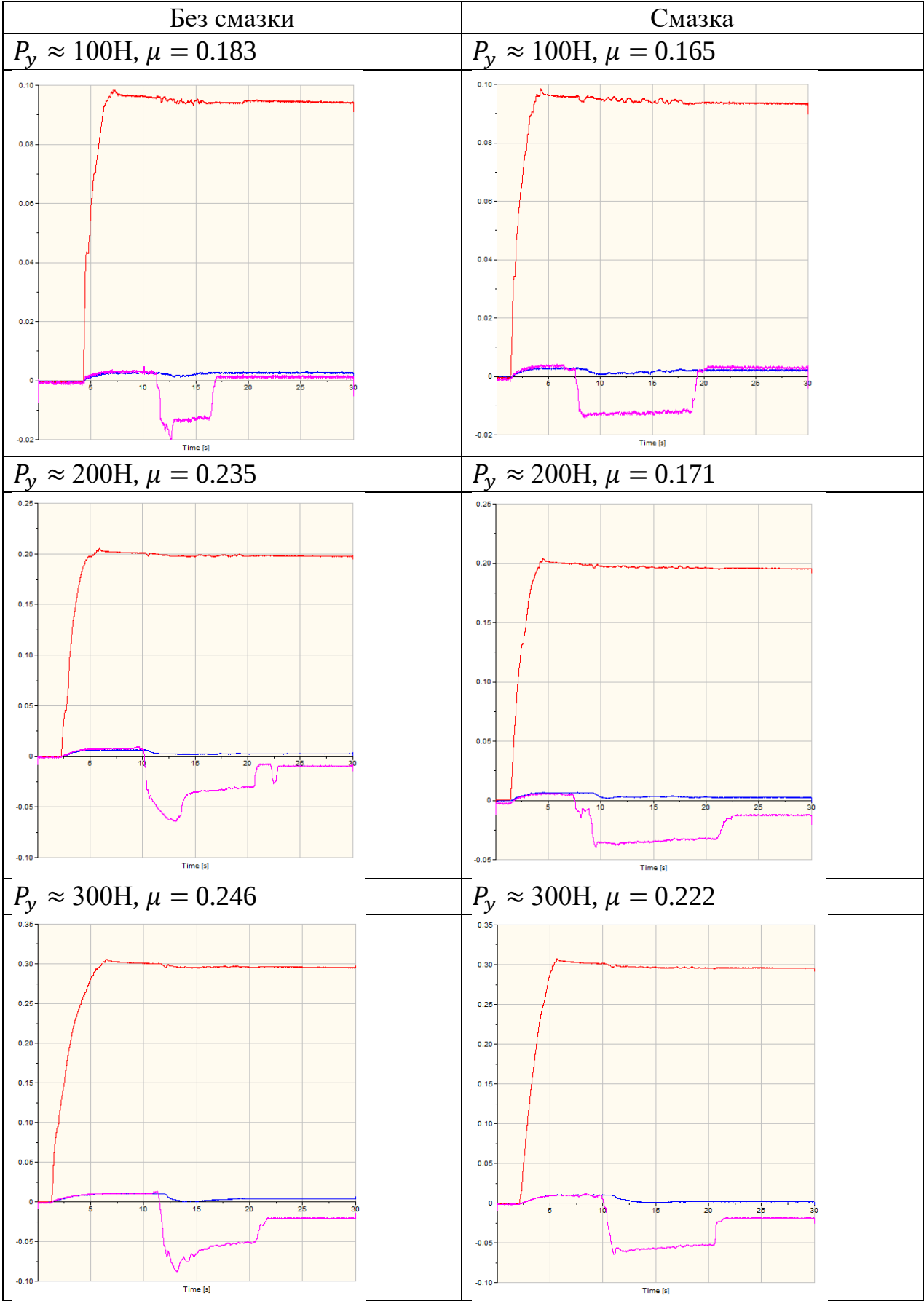


Таблица 11 – Наружное выглаживание вертикально расположенной динамометрической оправкой. Движение подачи продольное прямое.

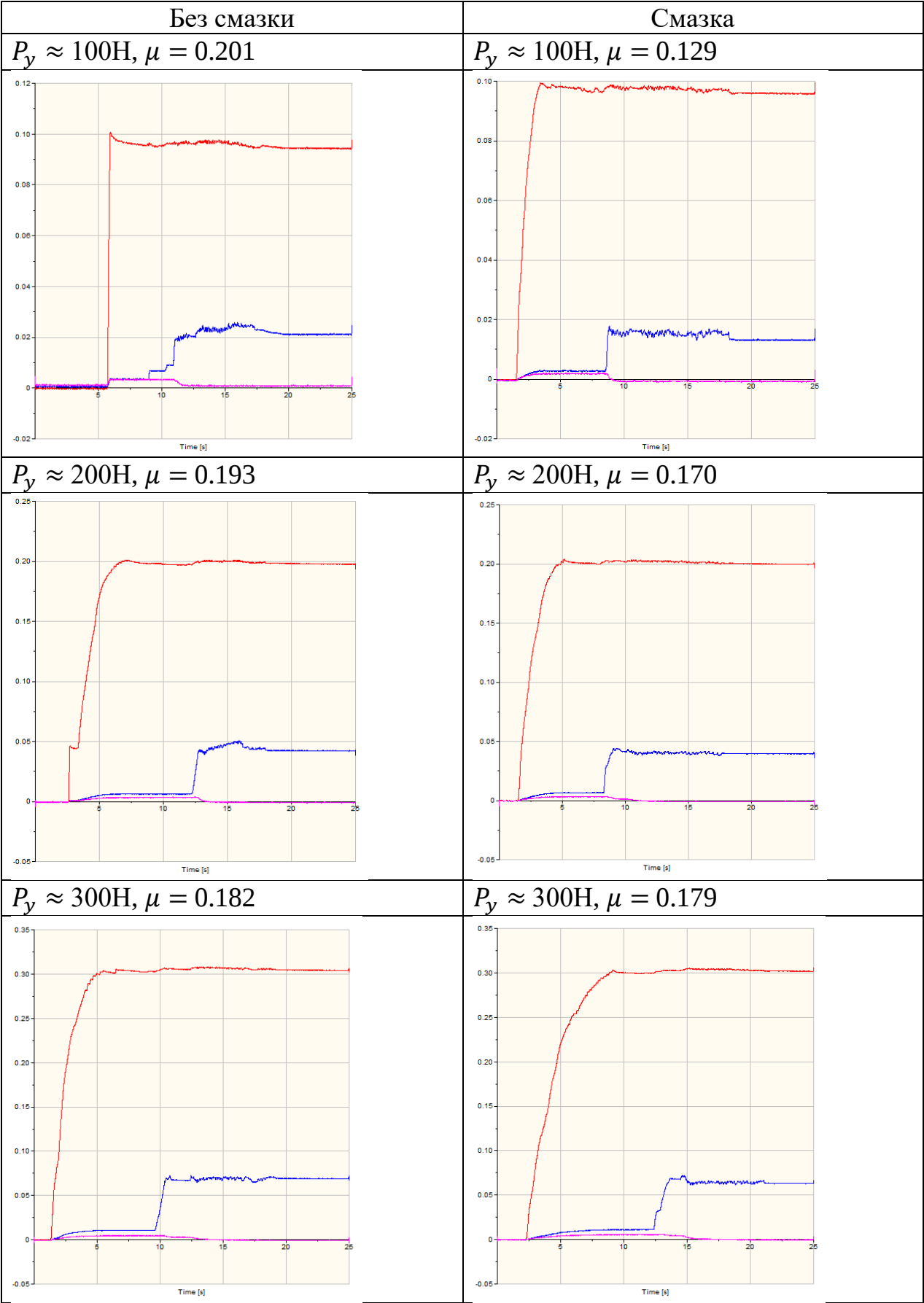


Таблица 12 – Наружное выглаживание вертикально расположенной динамометрической оправкой. Движение подачи продольное прямое.

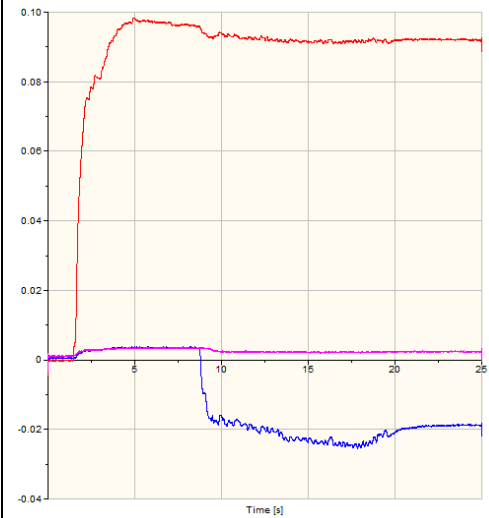
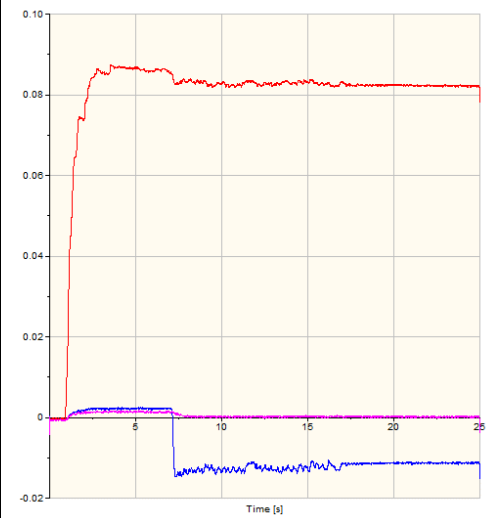
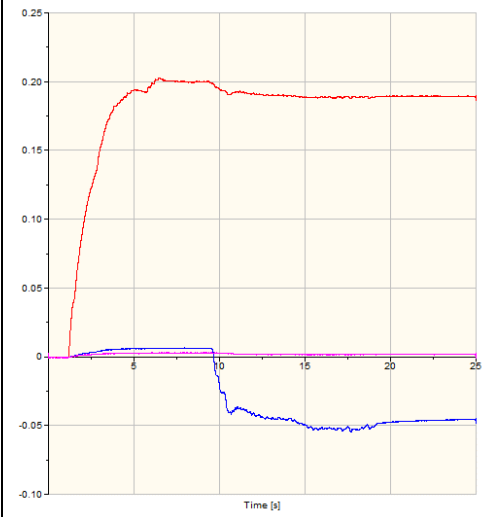
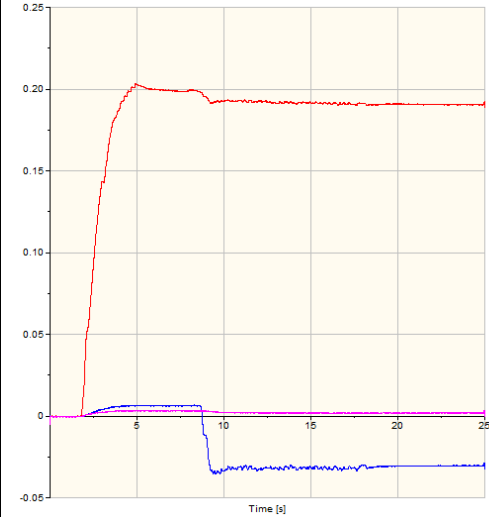
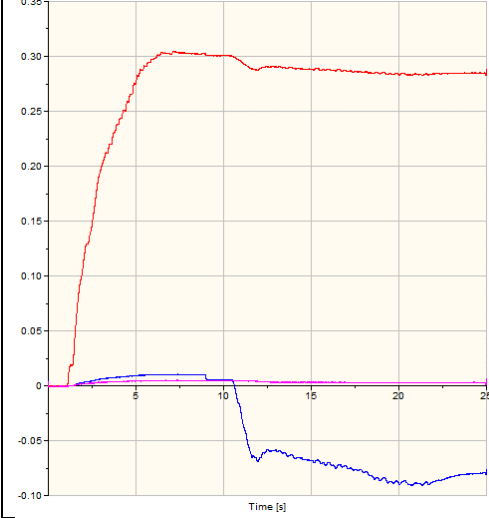
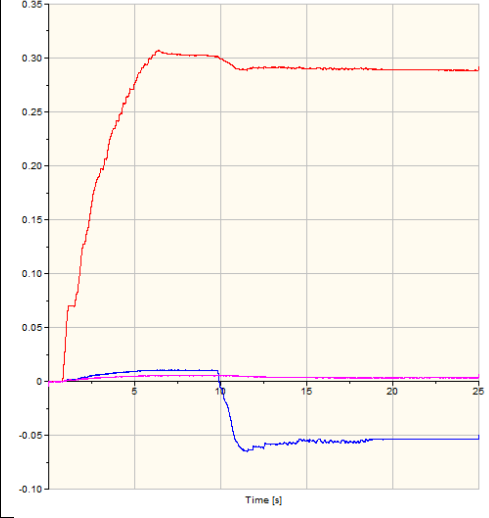
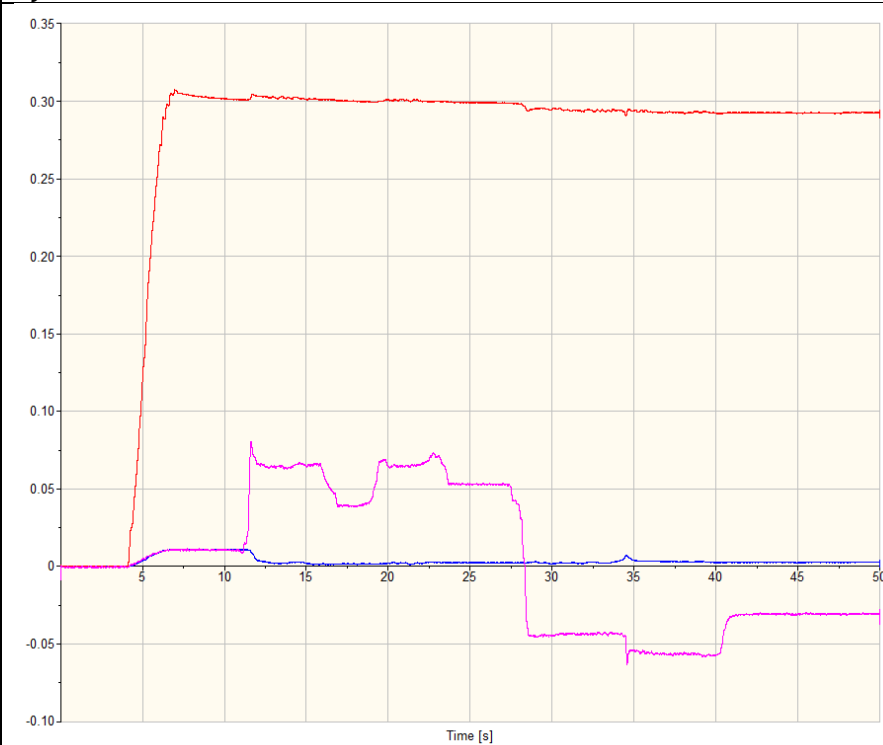
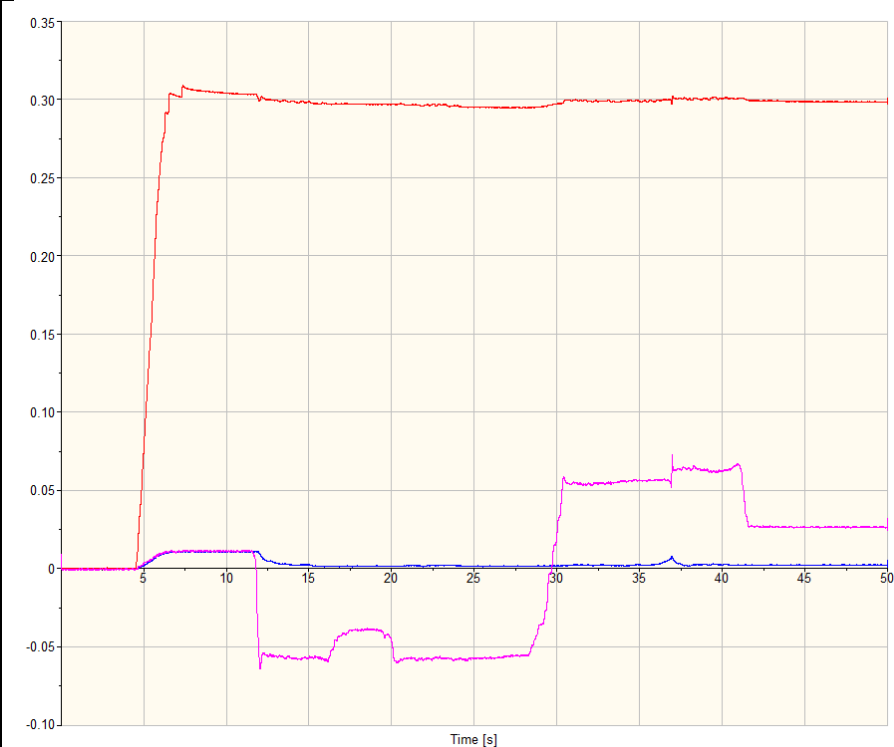
Без смазки	Смазка
$P_y \approx 100\text{H}, \mu = 0.261$ 	$P_y \approx 100\text{H}, \mu = 0.174$ 
$P_y \approx 200\text{H}, \mu = 0.269$ 	$P_y \approx 200\text{H}, \mu = 0.194$ 
$P_y \approx 300\text{H}, \mu = 0.315$ 	$P_y \approx 300\text{H}, \mu = 0.232$ 

Таблица 13 - Наружное выглаживание вертикально расположенной динамометрической оправкой. Реверсивное движение с остановками.

$P_y \approx 300\text{H}$, движение вращения прямое

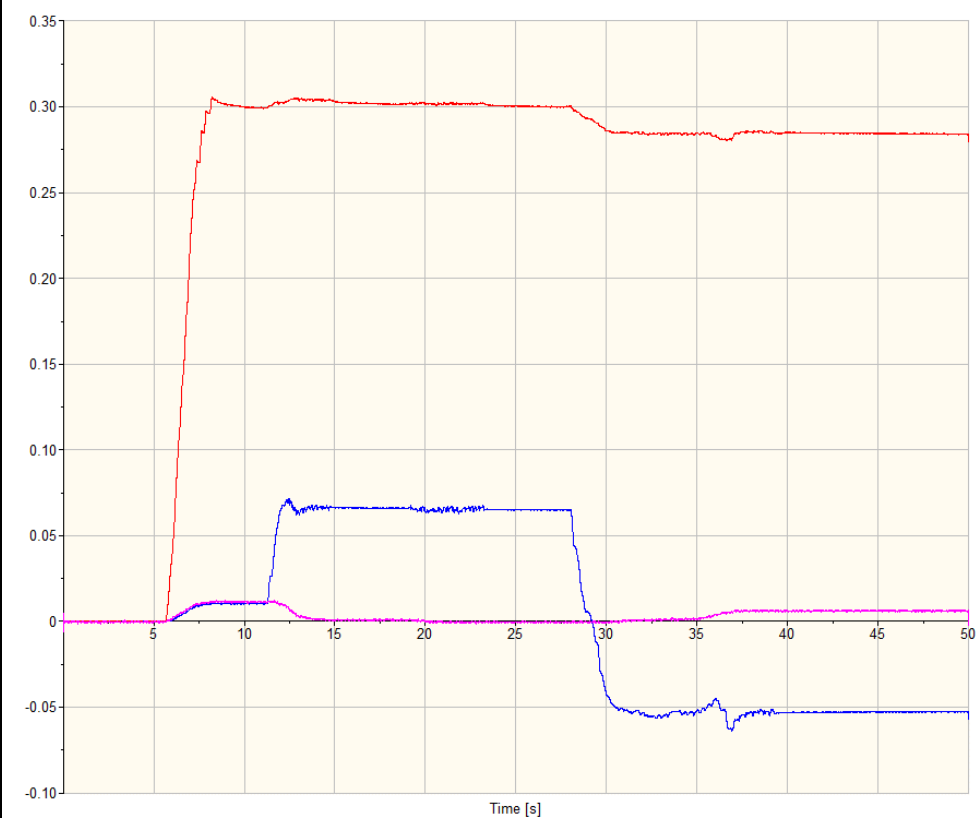


$P_y \approx 300\text{H}$, движение вращения обратное



Продолжение таблицы 13

$P_y \approx 300\text{H}$, движение подачи продольное прямое



$P_y \approx 300\text{H}$, движение подачи продольное обратное

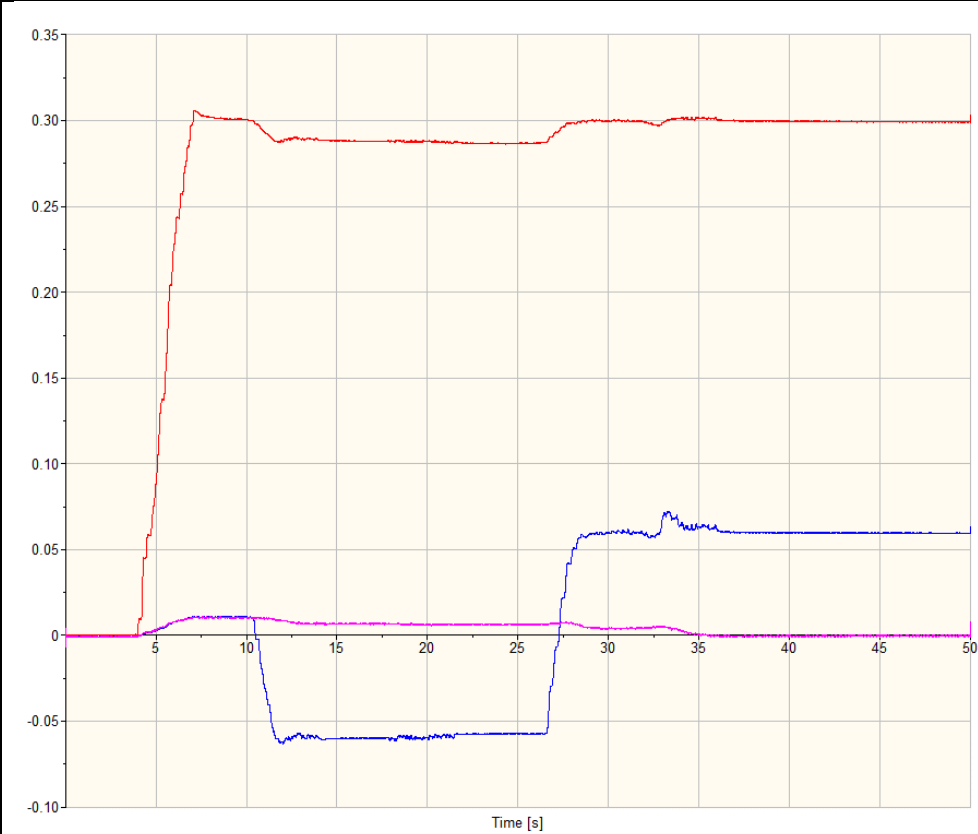


Таблица 14 – Наружное выглаживание пневматической оправкой. Движение вращение прямое.

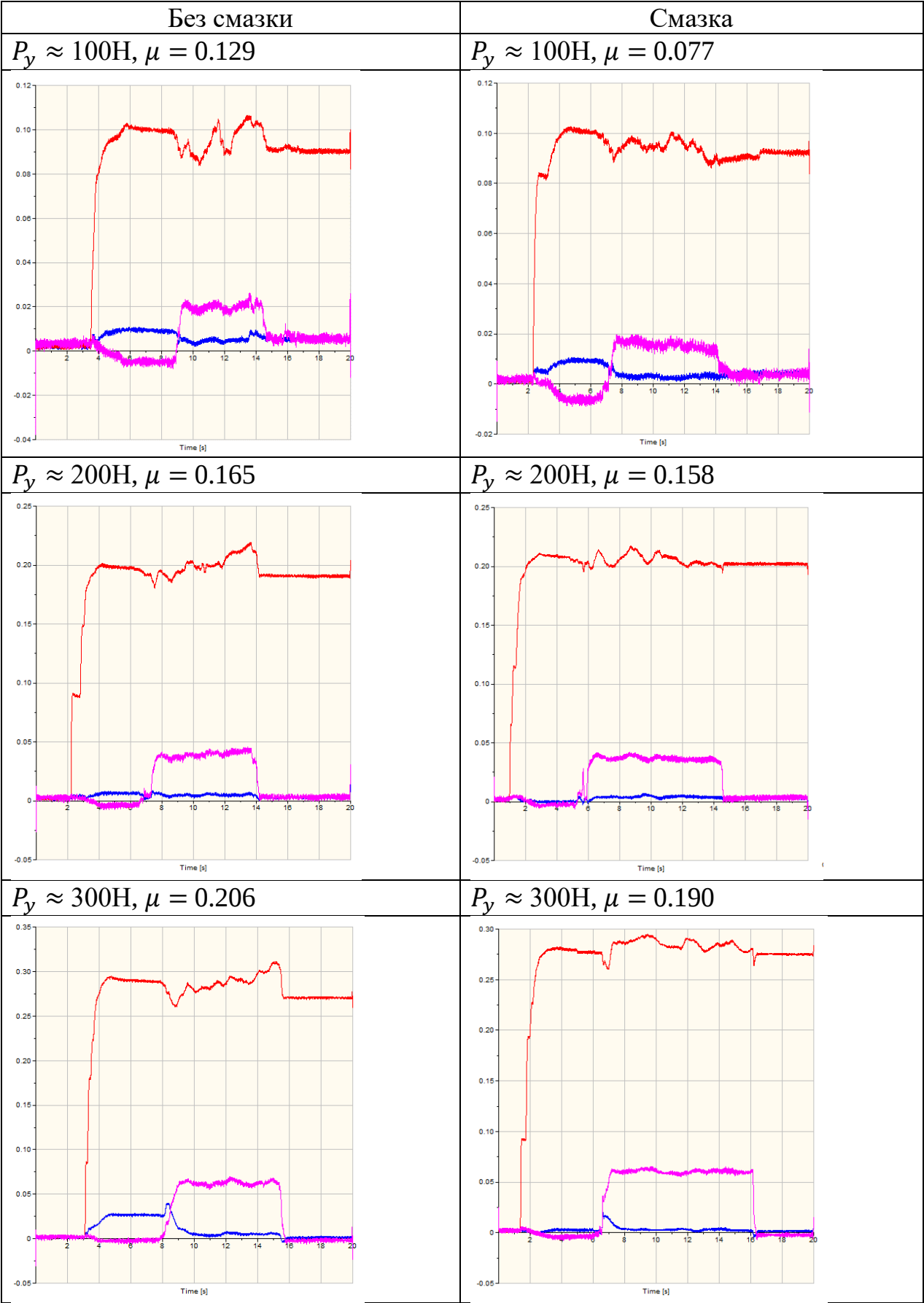


Таблица 15 – Наружное выглаживание пневматической оправкой. Движение вращение обратное.

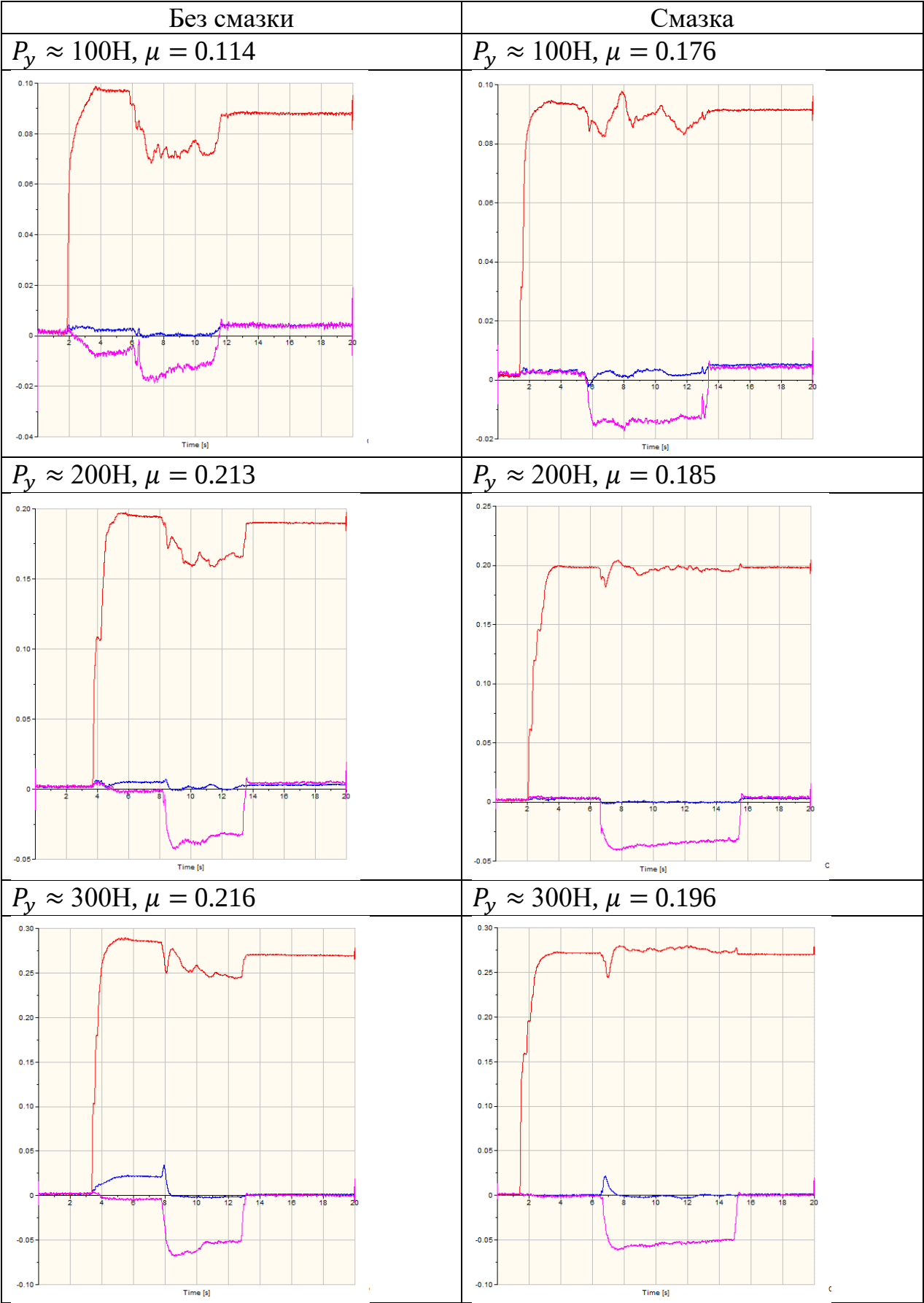


Таблица 16 – Наружное выглаживание пневматической оправкой. Движение подачи продольное прямое.

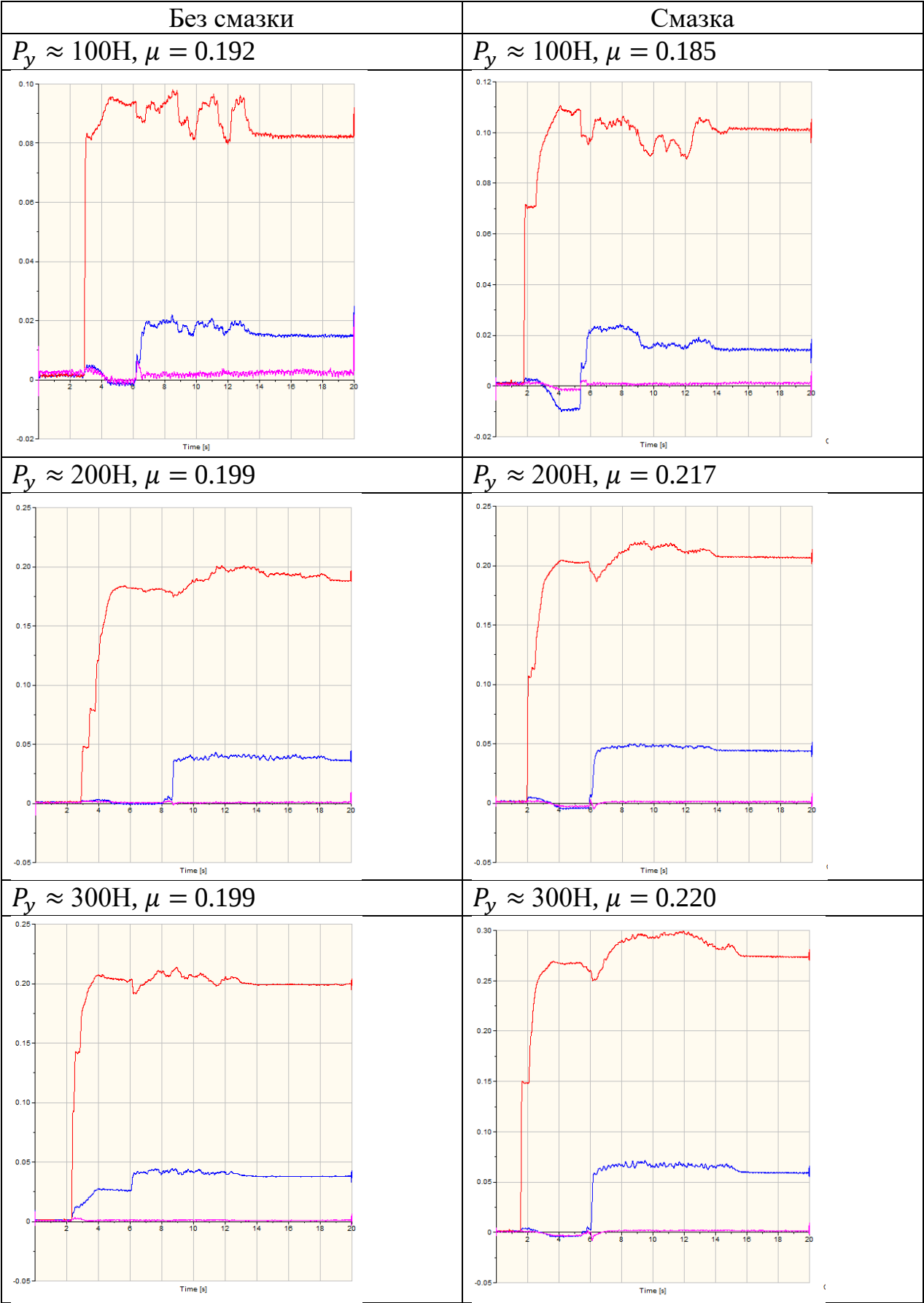


Таблица 17 – Наружное выглаживание пневматической оправкой. Движение подачи продольное обратное.

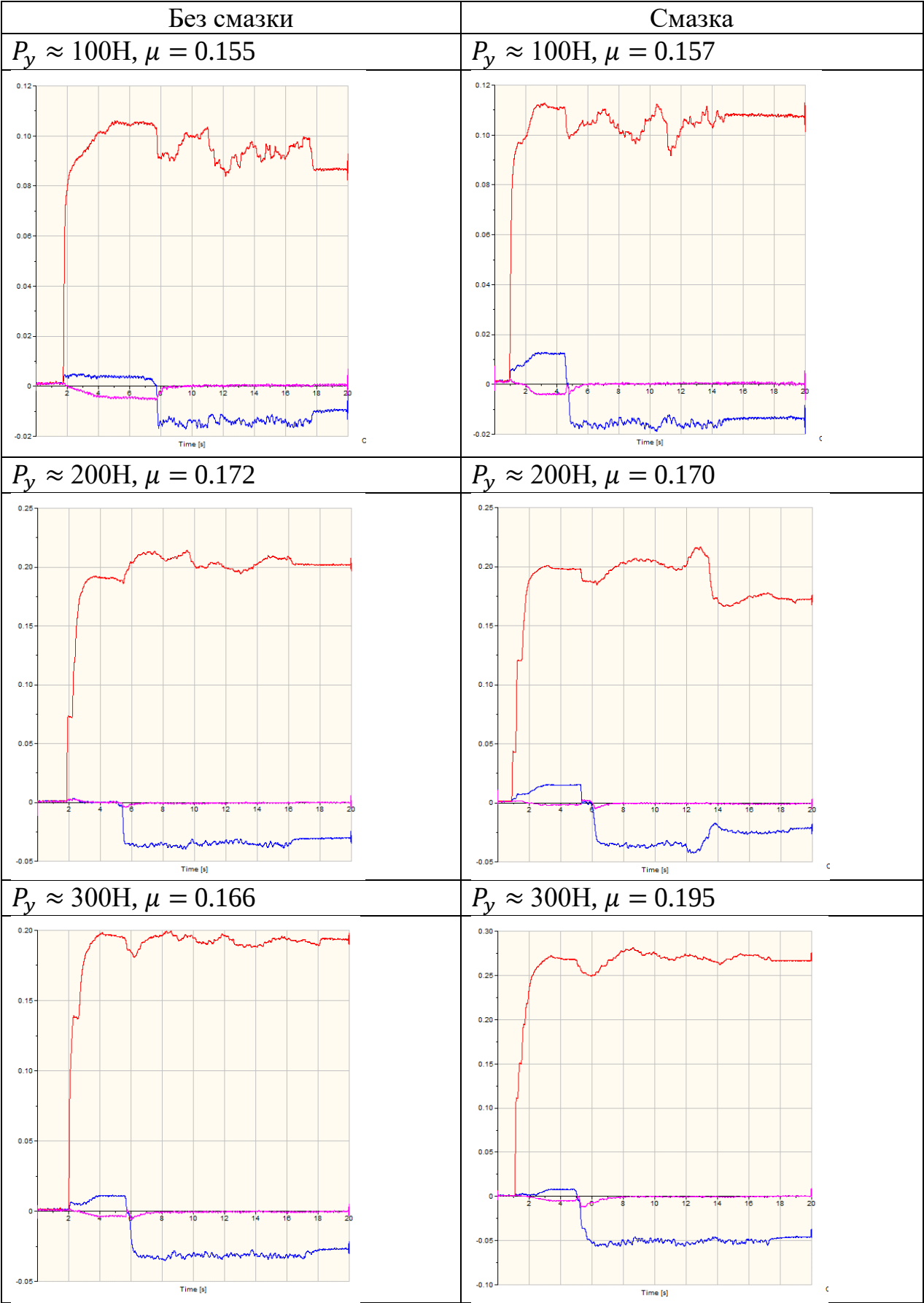
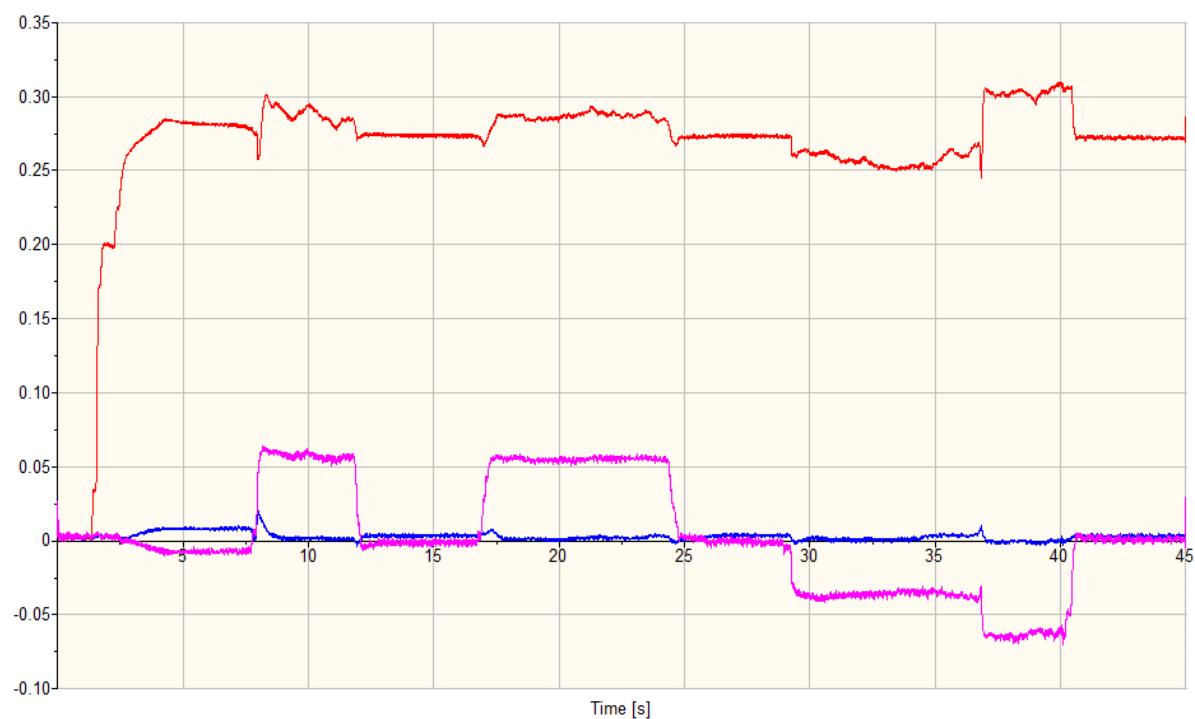
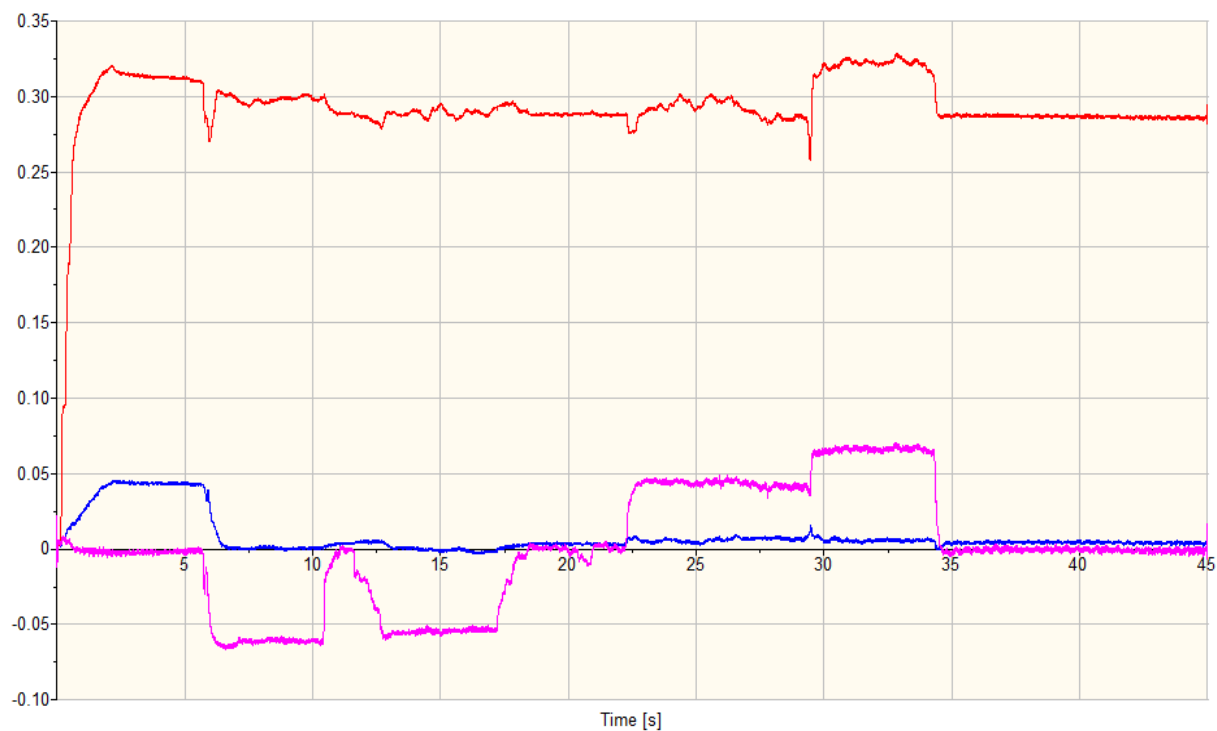


Таблица 18 – Наружное выглаживание пневматической оправкой. Реверсивное движение с остановками.

$P_y \approx 300\text{H}$, вращение прямое

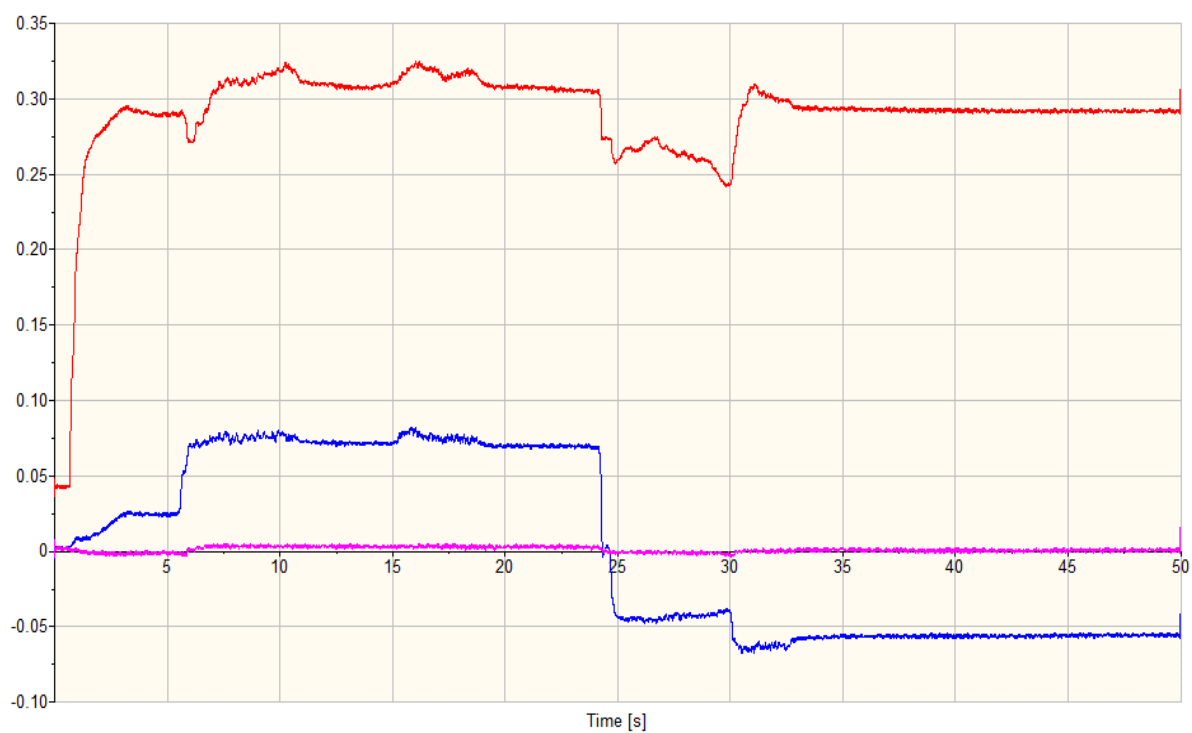


$P_y \approx 300\text{H}$, вращение обратное



Продолжение таблицы 18

$P_y \approx 300\text{Н}$, движение подачи продольное прямое



$P_y \approx 300\text{Н}$, движение подачи продольное обратное

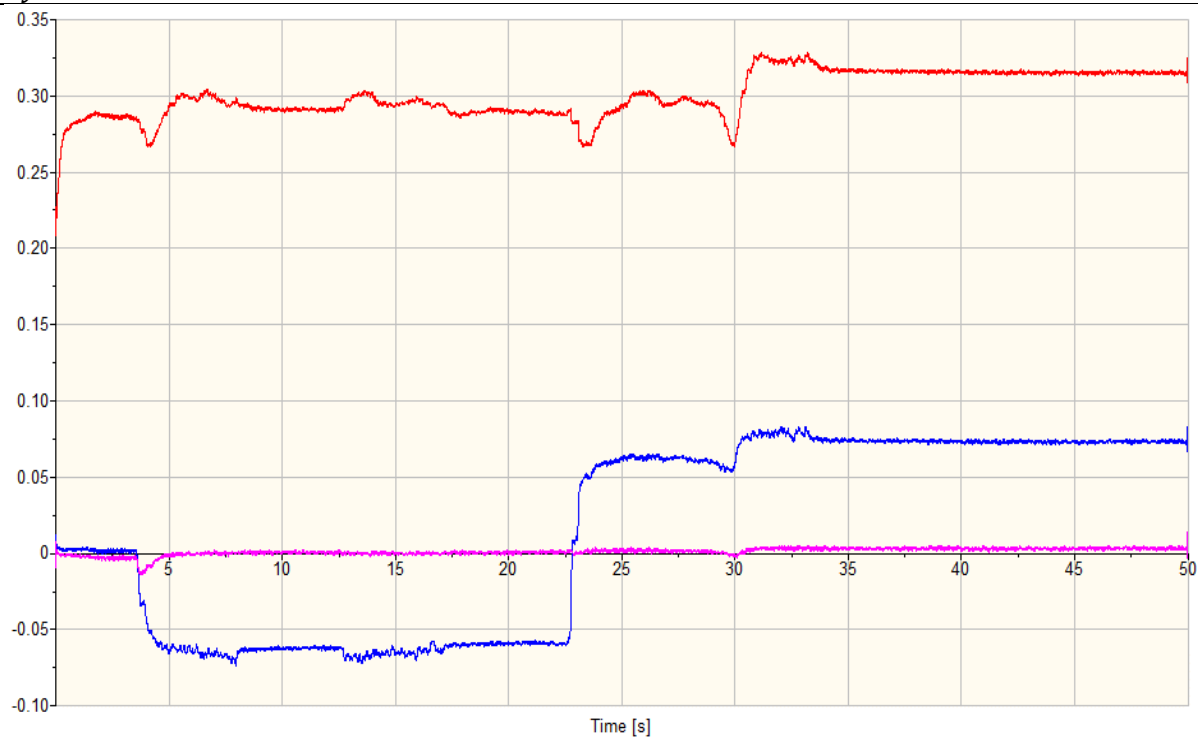


Таблица 19 – Наружное выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение вращения прямое.

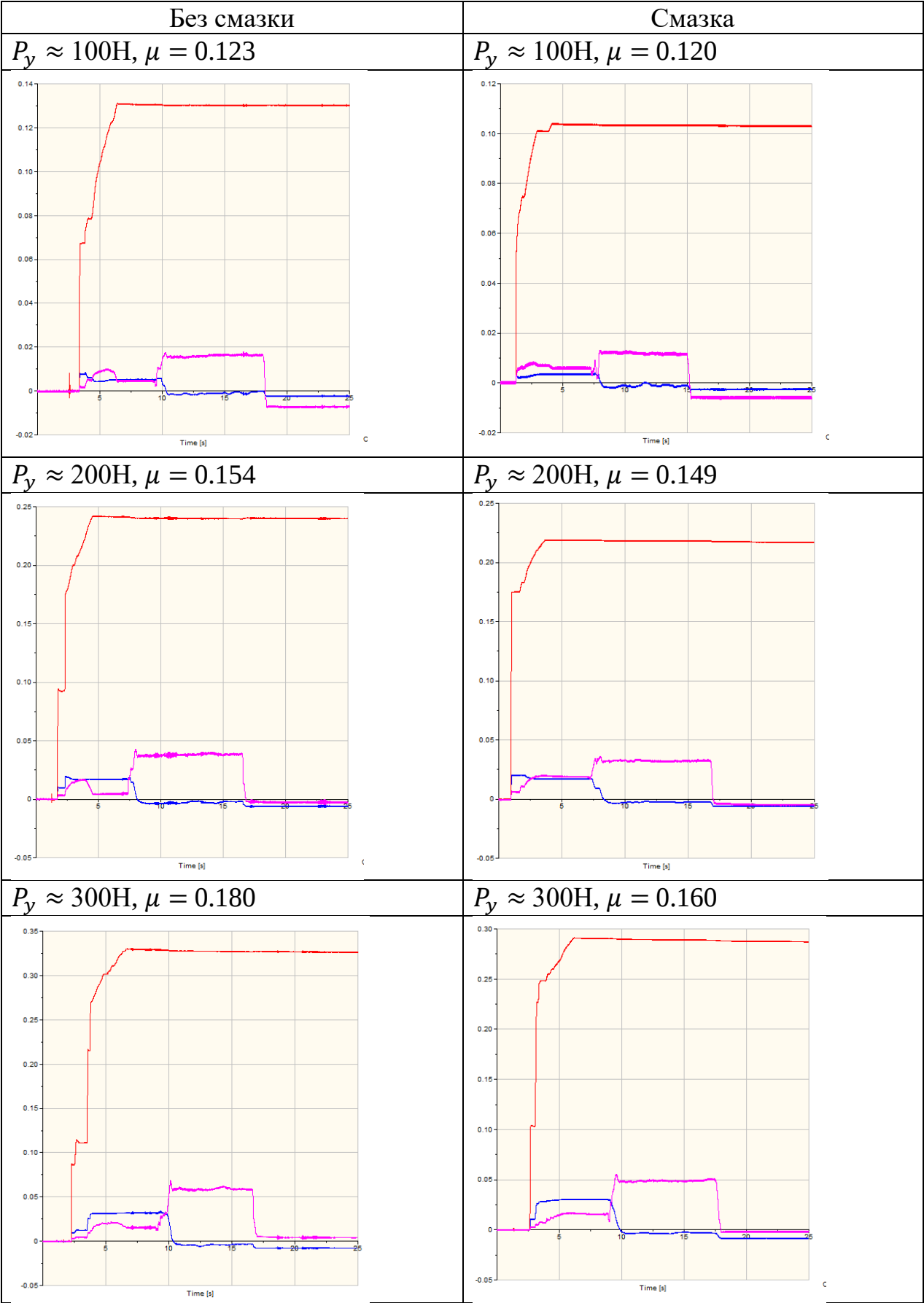


Таблица 20 – Наружное выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение вращение обратное.

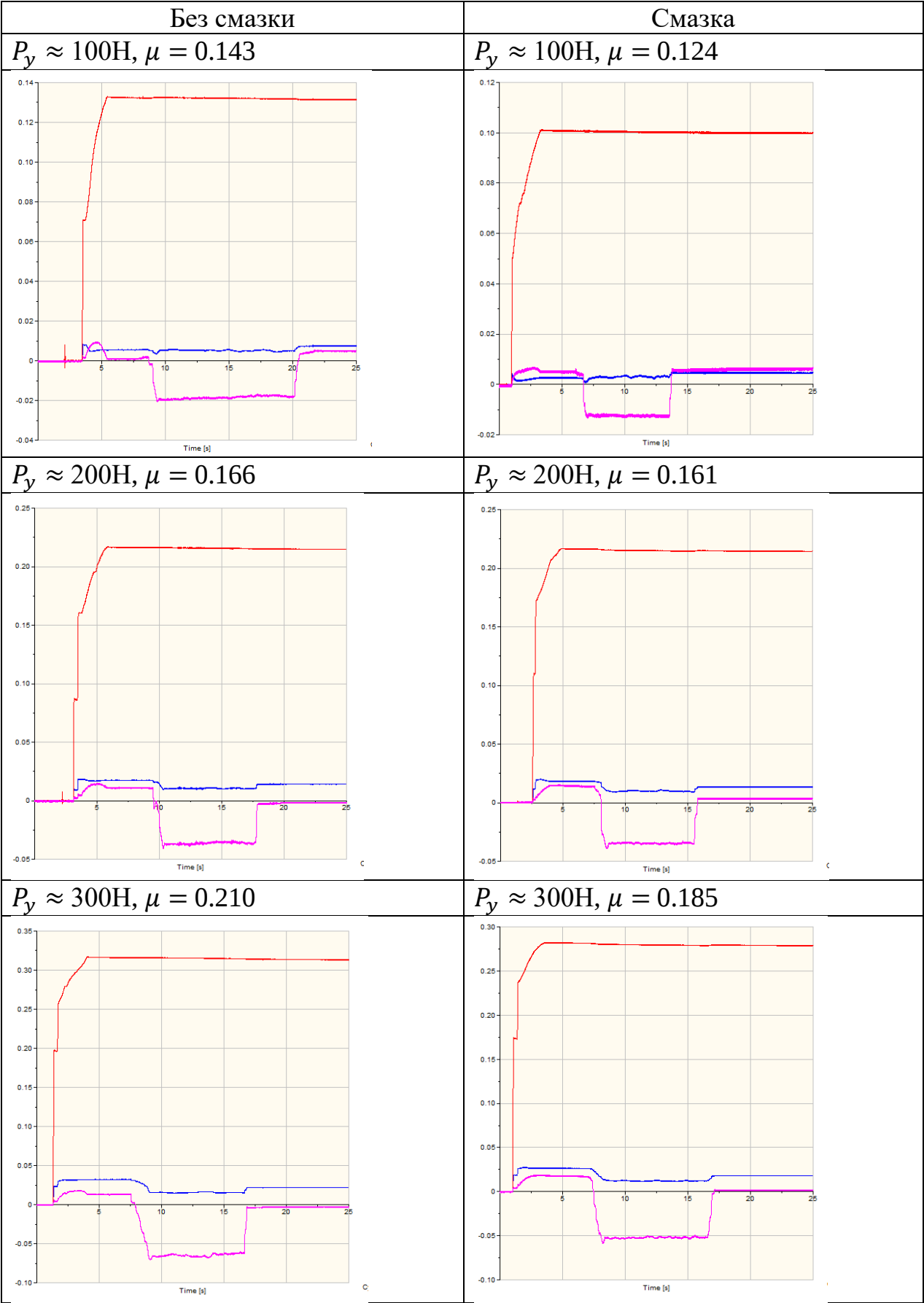


Таблица 21 – Наружное выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение подачи продольное прямое.

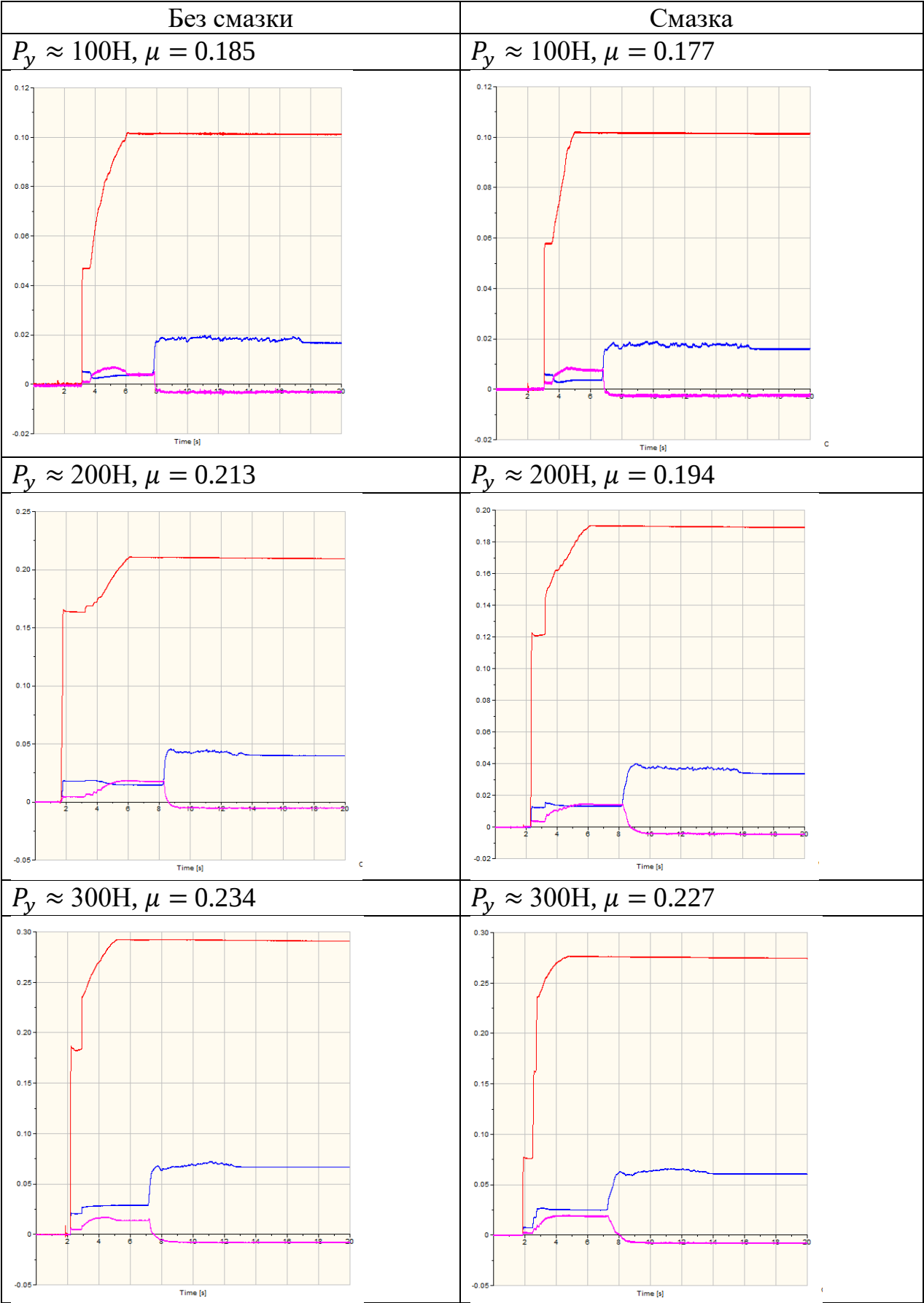


Таблица 22 – Наружное выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение подачи продольное обратное.

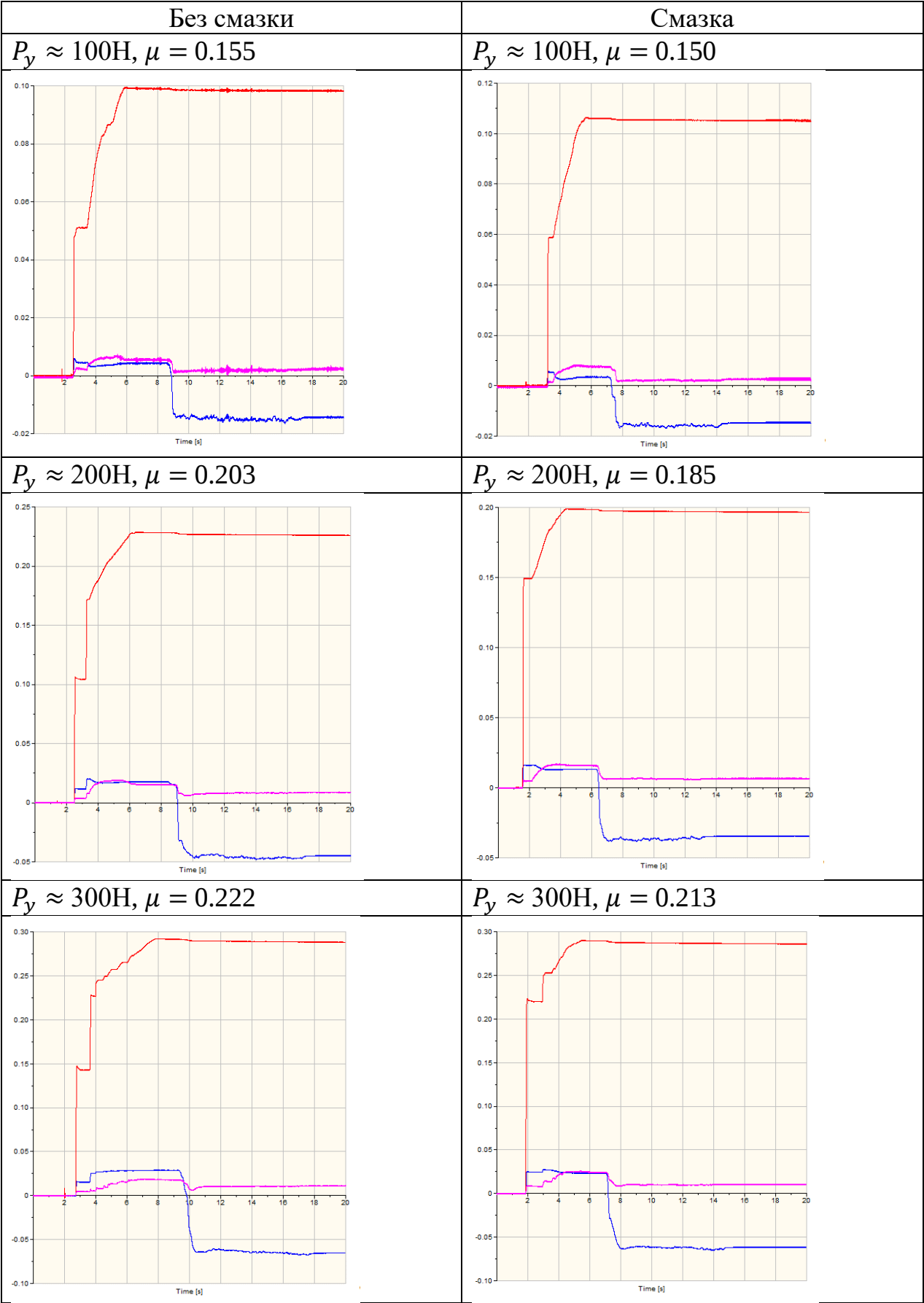


Таблица 23 – Внутреннее выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение вращение прямое.

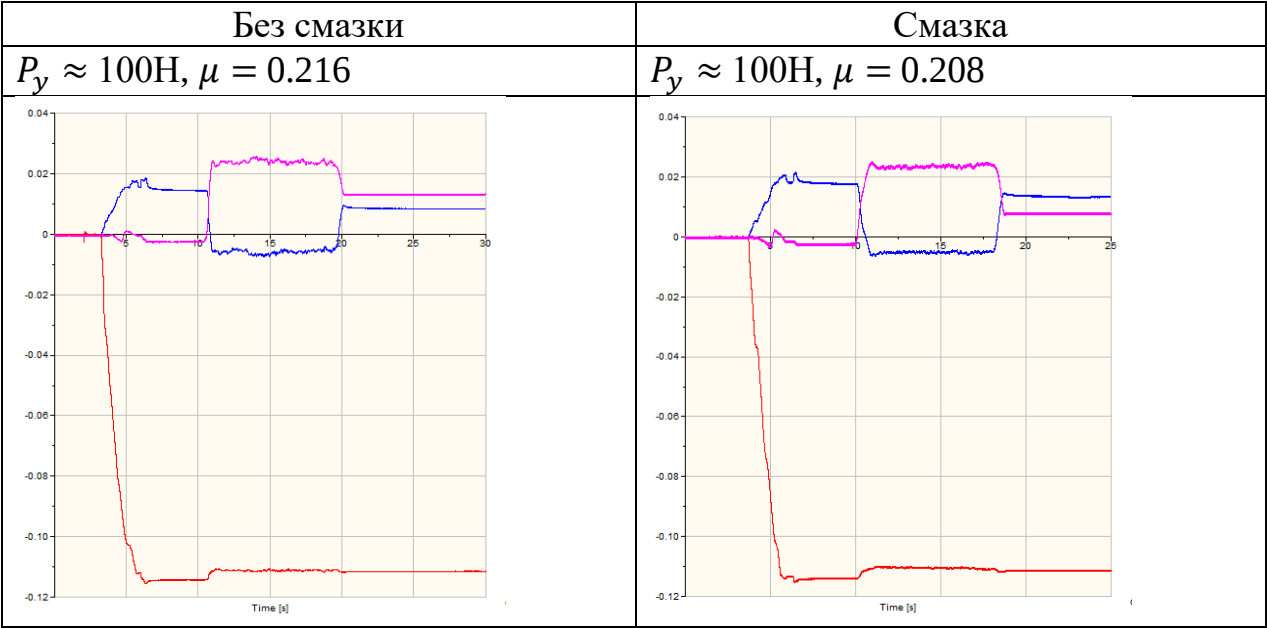


Таблица 24 – Внутреннее выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение вращение обратное.

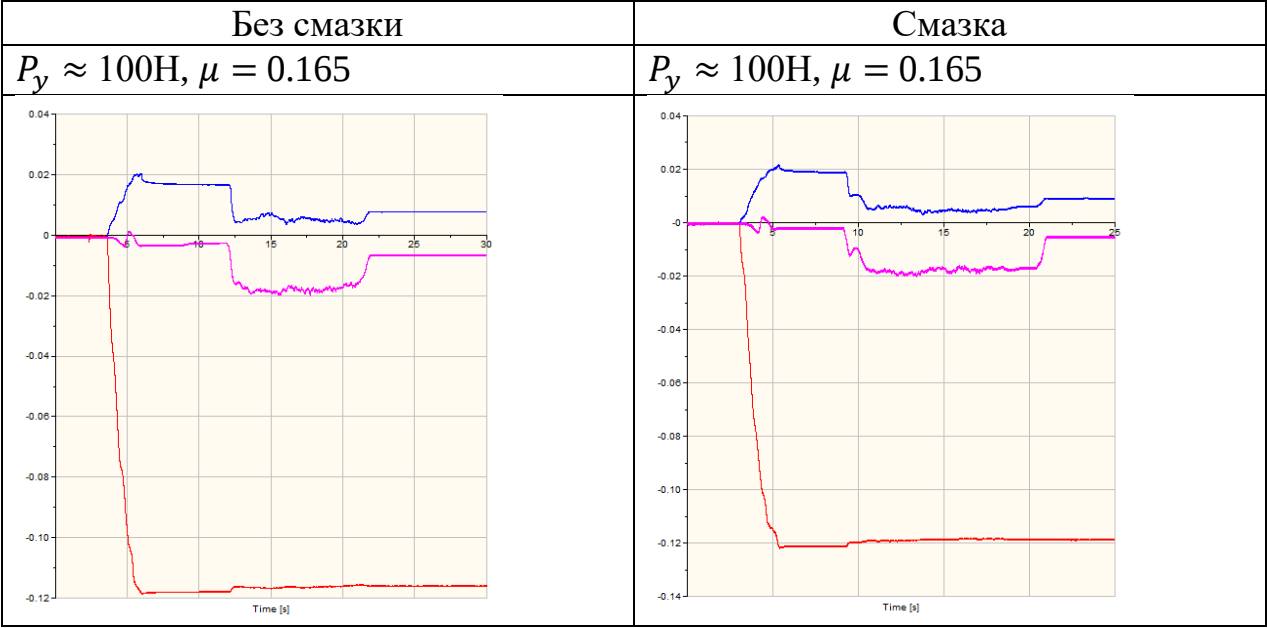


Таблица 25 – Внутреннее выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение подачи продольное прямое.

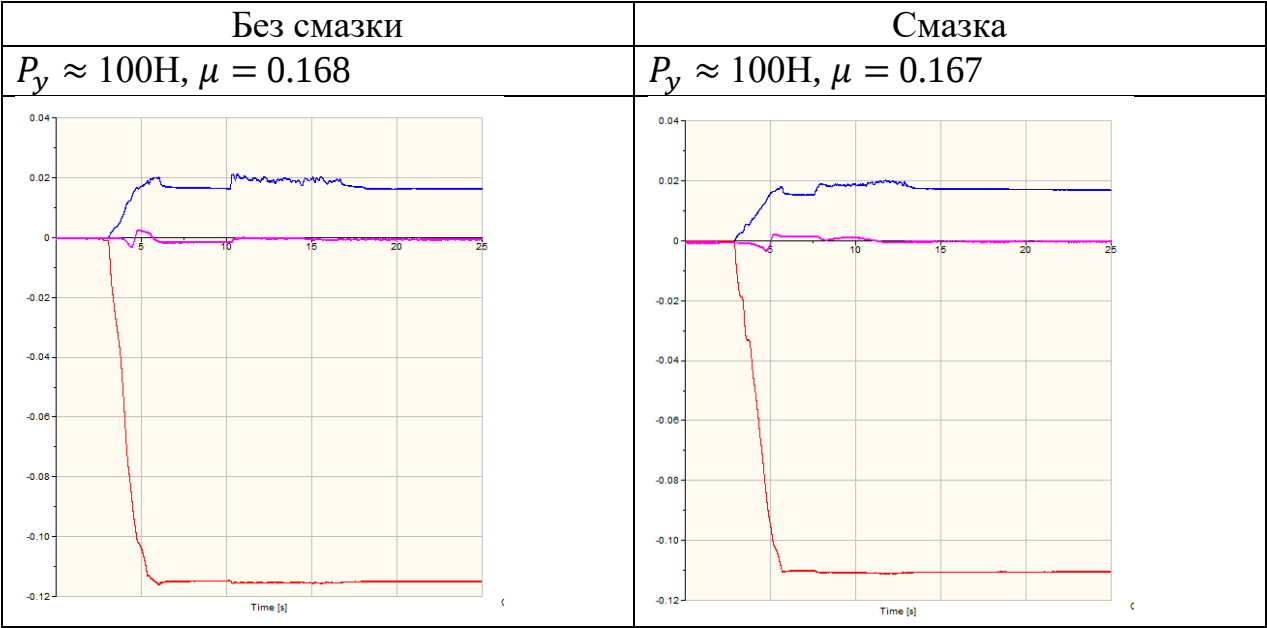


Таблица 26 – Внутреннее выглаживание пневматической оправкой с пружинной опорой. Движение подачи продольное обратное.

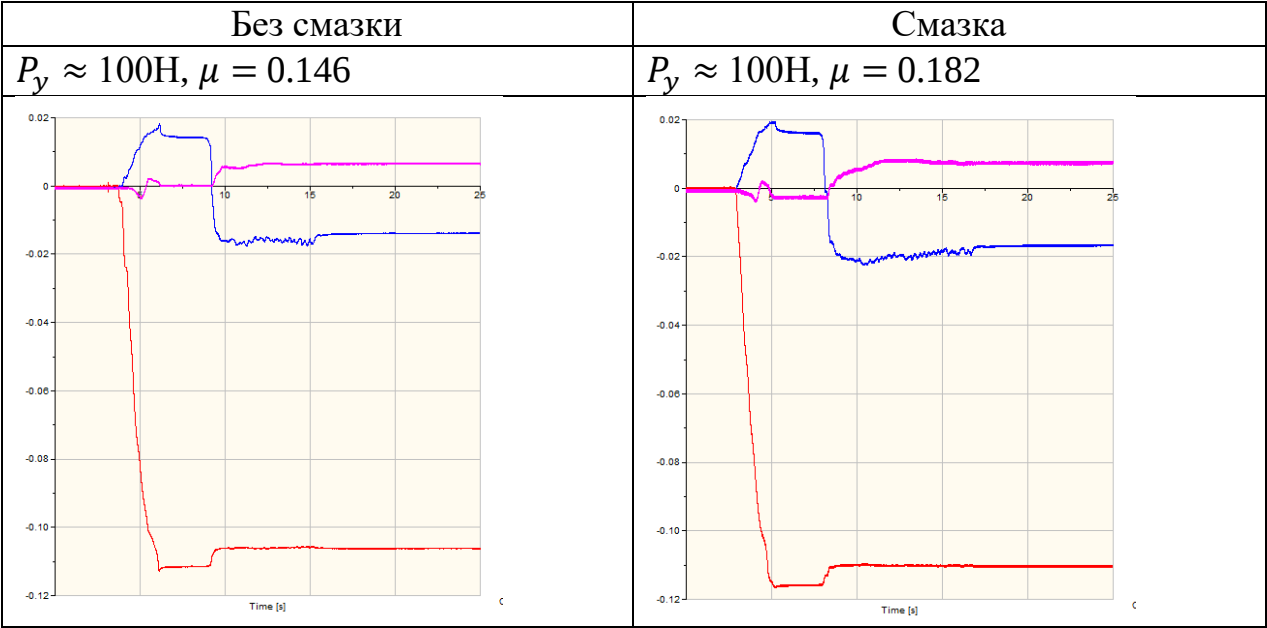


Таблица 27 – Внутреннее выглаживание упругой оправкой. Движение вращение прямое.

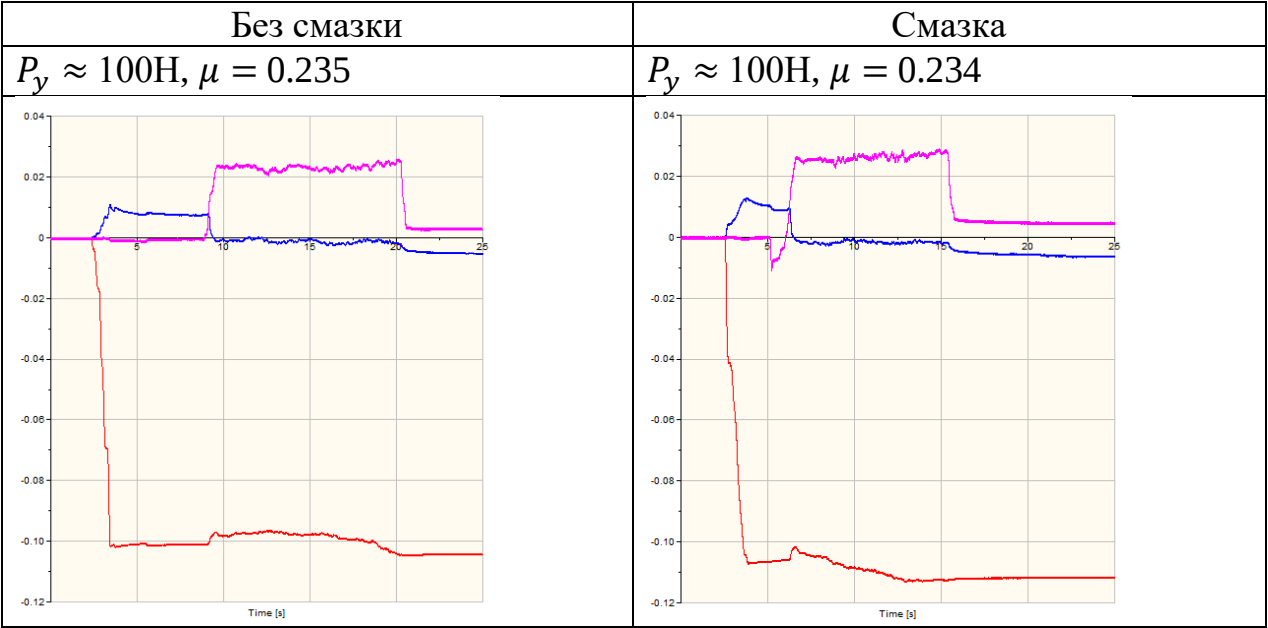


Таблица 28 – Внутреннее выглаживание упругой оправкой. Движение вращение обратное.

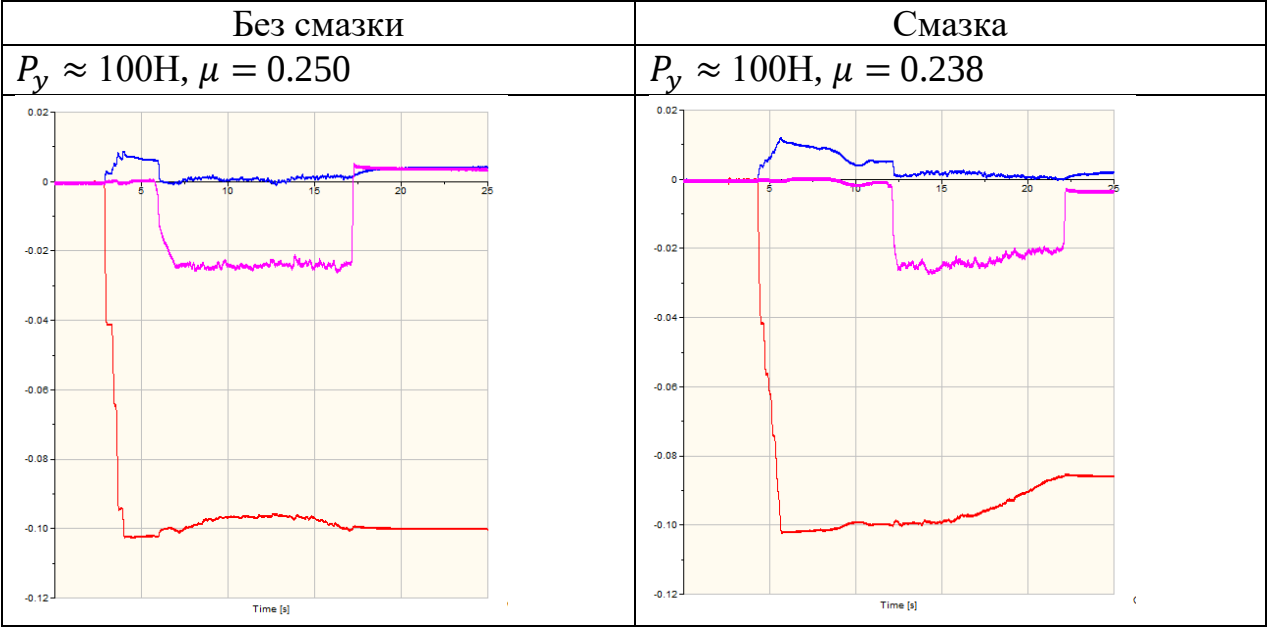


Таблица 29 – Внутреннее выглаживание упругой оправкой. Движение подачи продольное прямое.

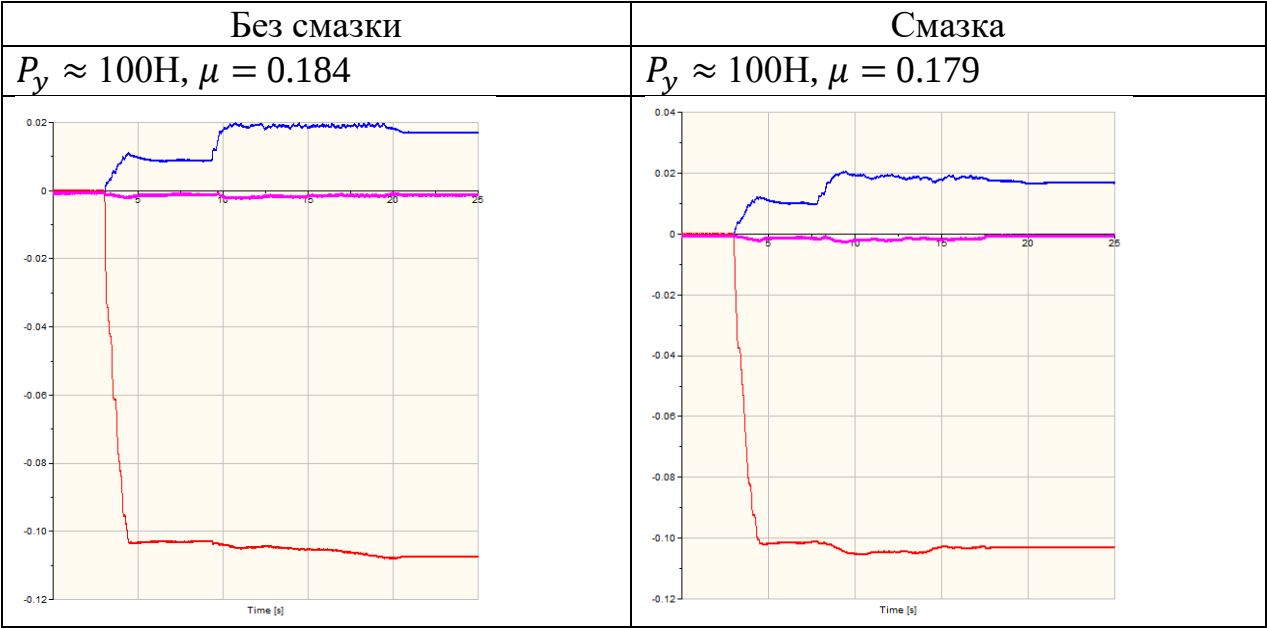


Таблица 30 – Внутреннее выглаживание упругой оправкой. Движение подачи продольное обратное.

