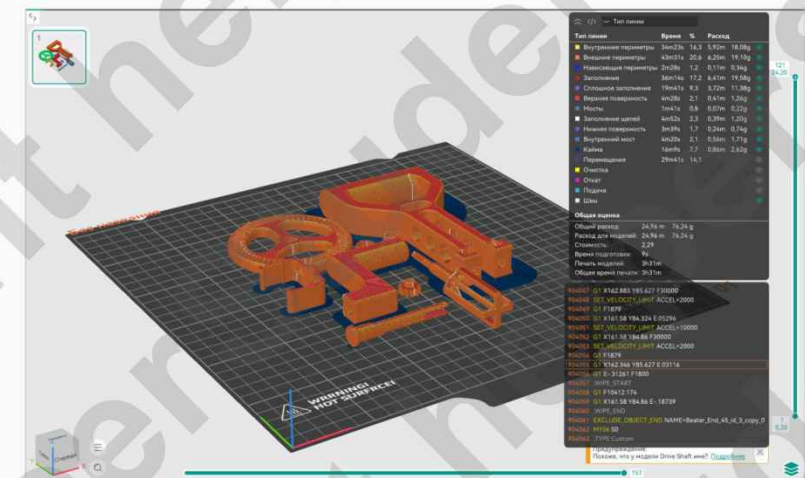
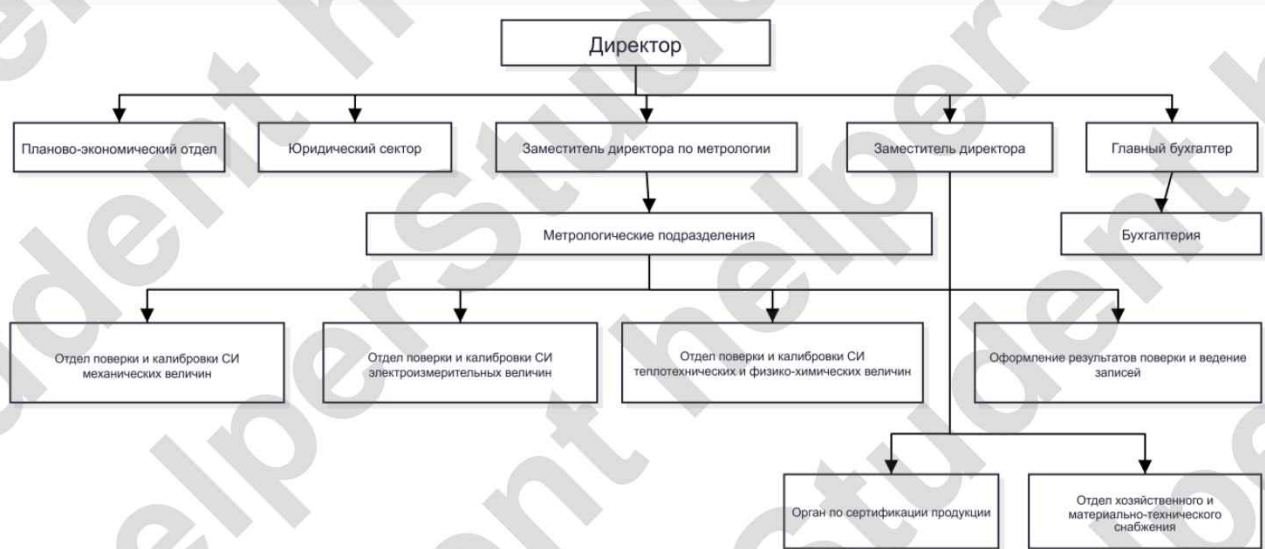


A 3D model of a mechanical assembly. It features a red handle connected to a green gear. The gear is mounted on a yellow base, which is part of a larger orange frame. A blue lever is attached to the bottom of the yellow base. The entire assembly is shown in a perspective view.



Организация и область работ



ФБУ «Омский ЦСМ»: организационная привязка

Разработка относится к подготовительному этапу реального лабораторного процесса.

База практики

метрологическое обеспечение
поверка и калибровка СИ

Выбранная операция

подготовка буферных растворов
перед поверкой pH-метров

Граница разработки

вспомогательная оснастка
без изменения методики поверки

Актуальность разработки

Проблема

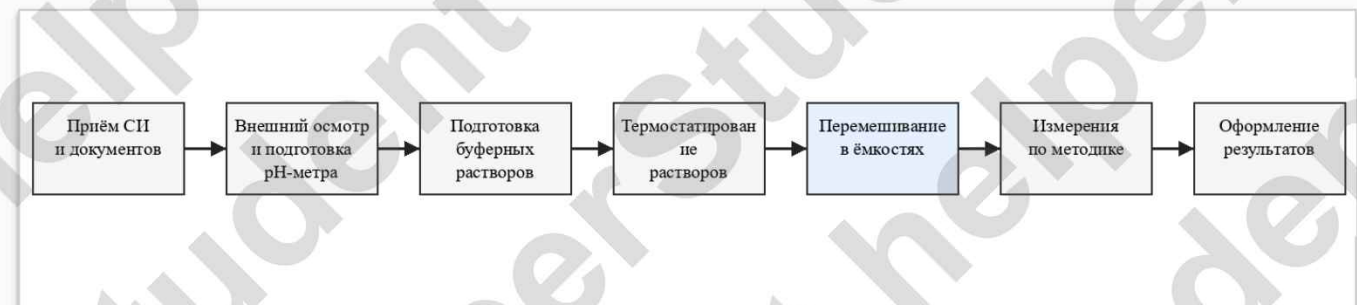
- подготовка буферных растворов повторяется при поверке рН-метров
- ручное перемешивание увеличивает трудоемкость серии
- интенсивность операции зависит от исполнителя

Техническая идея

- изготовить простую оснастку под фактическую посуду и рабочее место
- применить аддитивное изготовление для единичного комплекта



Связь проблемы и технического решения



Место операции в подготовке к поверке

Цель, задачи и объект разработки

Цель

- разработать комплект вспомогательного оборудования для подготовки буферных растворов

Объект

подготовка буферных растворов перед поверкой

Предмет

ручной миксер и подложка FDM

Задачи

- рассмотреть организацию работ ФБУ «Омский ЦСМ»
- учесть требования к pH-метрам, растворам и условиям поверки
- разработать, изготовить и апробировать миксер и подложку

условия



конструкция



печать



контроль



апробация

Место операции и метрологические ограничения



Емкости в термостатируемой среде

100 мл
объем

50 мм
диаметр

25 °С
режим

Ограничения

- не касаться электродной системы, стенок и дна
- исключить загрязнение растворов
- промывать рабочую часть после каждого раствора

Комплект применяется до измерительного этапа и не является средством измерений.

Проблема ручной операции

Исходная операция

- каждая емкость перемешивается вручную
- операция повторяется при серии проверок
- возрастает нагрузка на поверителя

Недостатки

- различная интенсивность перемешивания
- рост времени подготовительного этапа
- отсутствие фиксированного размещения емкостей

ручной привод

зубчатая
передача

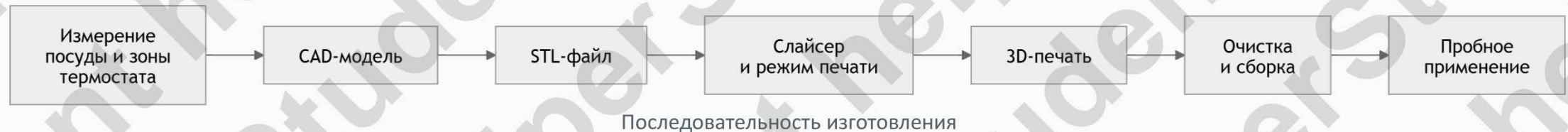
PETG/FDM

подложка

контроль

Решение направлено на однотипность подготовки без усложнения рабочего места.

Аддитивное изготовление и выбор FDM



Что относится к аддитивным технологиям

- изделие формируется послойным добавлением материала
- модель передается в слайсер и управляющую программу
- FDM печатает термопластом PETG

FDM

выбранный способ
печать PETG
быстрая доработка геометрии

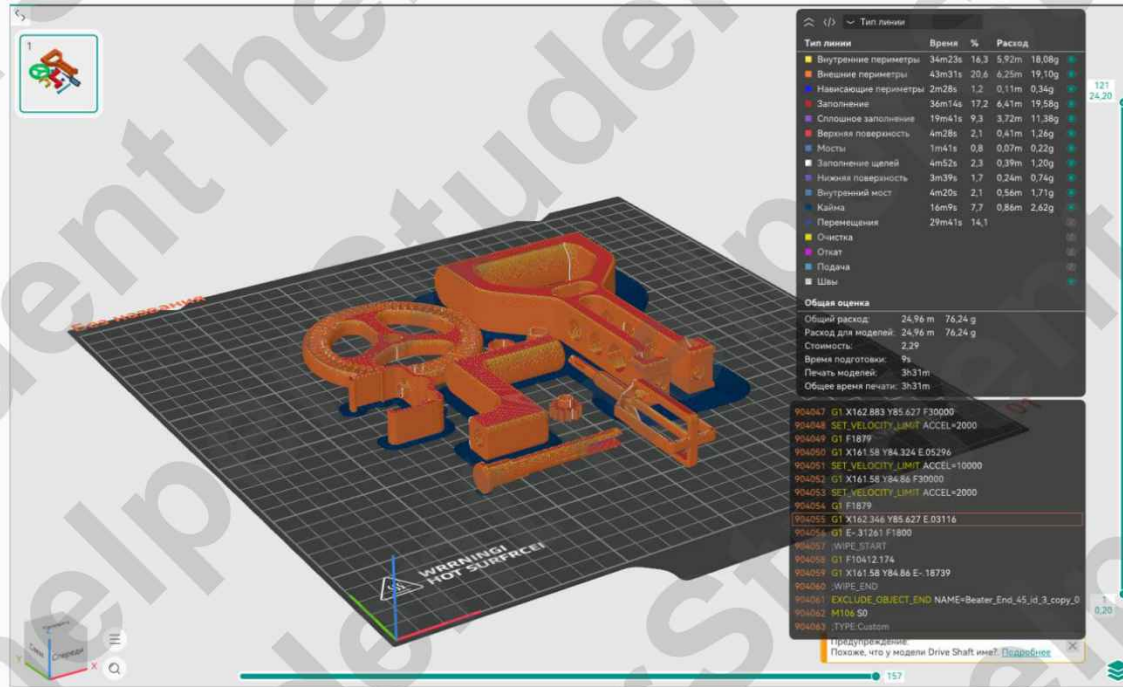
EDM

электроэрозионная обработка
не аддитивный процесс
не подходит для PETG

Этапы работы

КОМПАС-3D → STL/3MF
OrcaSlicer → G-code
печать → контроль

Моделирование и подготовка к печати



OrcaSlicer: размещение и слайсинг моделей

Параметры печати

- материал PETG
- высота слоя 0,20 мм
- ширина экструзии 0,42–0,50 мм
- скорости печати до 9 мм/с

Слайсер фиксирует

- раскладку деталей на столе
- профиль материала и процесса
- управляющую программу для принтера

CAD

STL/3MF

OrcaSlicer

G-code

FDM-печать

Конструкция ручного миксера



Схема с позиционными обозначениями



Изготовленный образец

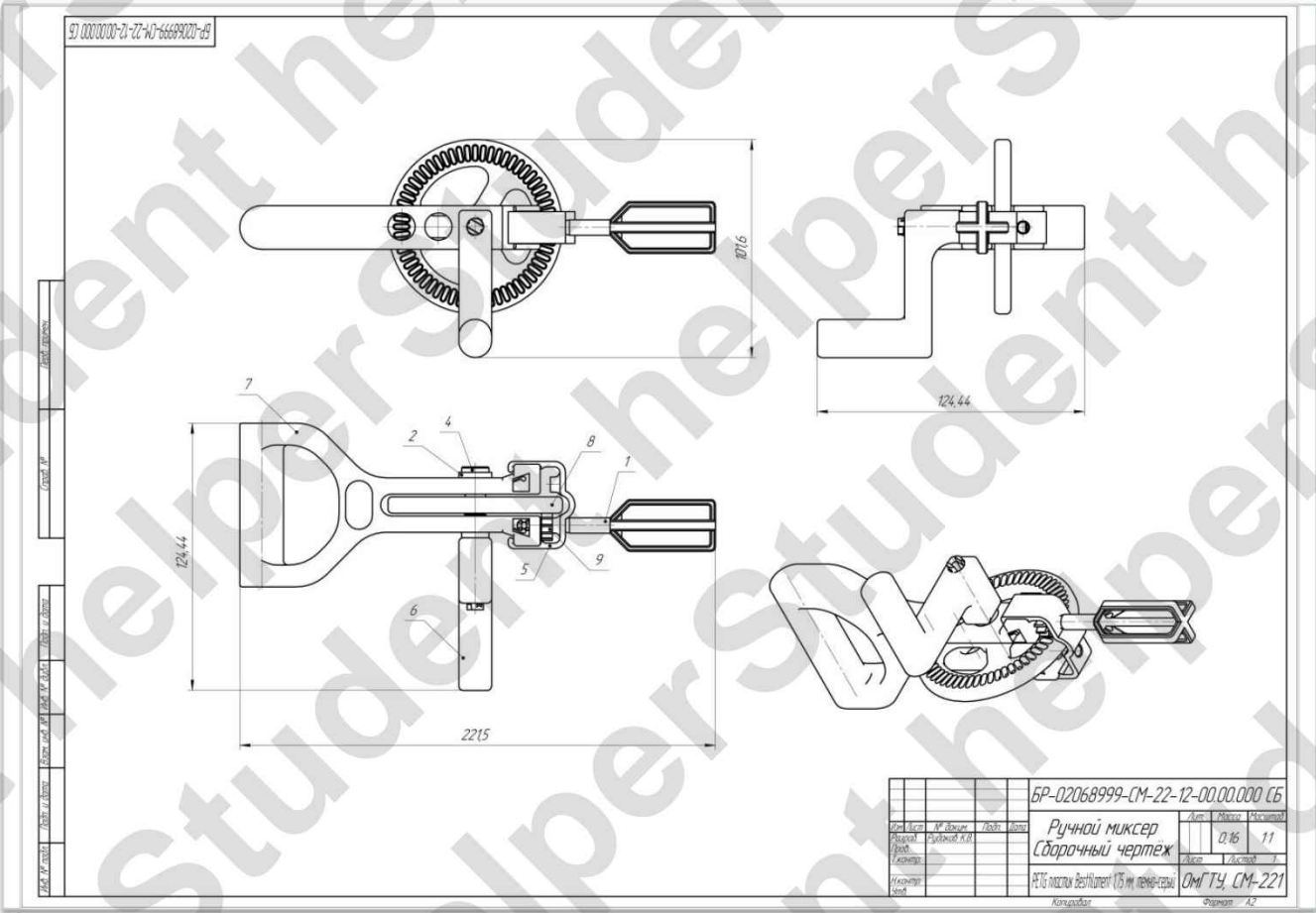
Детали 1–5

- 1 — концевая часть венчика
- 2 — большая втулка
- 3 — малая втулка
- 4 — приводной вал
- 5 — концевой фиксатор

Детали 6–9

- 6 — ручка
- 7 — корпус
- 8 — основная шестерня
- 9 — малая шестерня

Сборочный чертеж и спецификация



Сборочный чертеж

Листы документа		Формат листа	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документация		
				БР-02068999-СМ-22-12-00.00.000 СБ	Ручной миксер		
					Детали		
Стор. №	А3	1	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0001	Концевая часть венчика	1		
	А3	2	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0002	Большая втулка	1		
	А3	3	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0003	Малая втулка	1		
	А3	4	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0004	Приводной вал	1		
	А3	5	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0005	Концевой фиксатор	1		
	А3	6	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0006	Ручка	1		
	А3	7	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0007	Корпус	1		
	А3	8	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0008	Основная шестерня	1		
	А3	9	БР-02068999-СМ-22-12-00.00.0009	Малая шестерня	1		
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Листы и детали		Лист № докум.		Всего листов			
Л							

Спецификация

Документация фиксирует состав изделия, позиции деталей и возможность воспроизведения конструкции.

Материал PETG и применимость к растворам

PETG

материал

1,27

г/см³

0,20

мм слой

FDM

технология

Критерии подбора

- достаточная жесткость для ручной оснастки
- меньшая хрупкость по сравнению с PLA
- устойчивость к кратковременному контакту с водой
- может промываться после применения

Условия применения

- контакт с раствором кратковременный
- деталь не хранится погруженной
- после каждого раствора выполняется промывка
- при трещинах или расслоении деталь заменяется

Материал выбран для вспомогательной оснастки, а не для задания метрологических характеристик поверки.

Контроль печати и приемка деталей

Перед печатью

проверка модели
зазоры соединений
ориентация на столе

После печати

нет трещин и расслоений
удалены поддержки
кромки зачищены

Сборка

свободное вращение
без заедания передачи
посадка деталей

Подложка

плоскостность основания
свободная установка
емкостей
нет острых кромок

Рабочая часть

промывка водой
нет частиц пластика
нет контакта с электродом

При дефекте

зачистка кромок
корректировка посадки
повторная печать детали

Апробация и контроль условий



Применение миксера



Рабочая часть в емкости

5

повторов

2

варианта

Сравнение

- без комплекта
- с миксером и подложкой
- показатель — время подготовки

осмотр



промывка



перемешивание



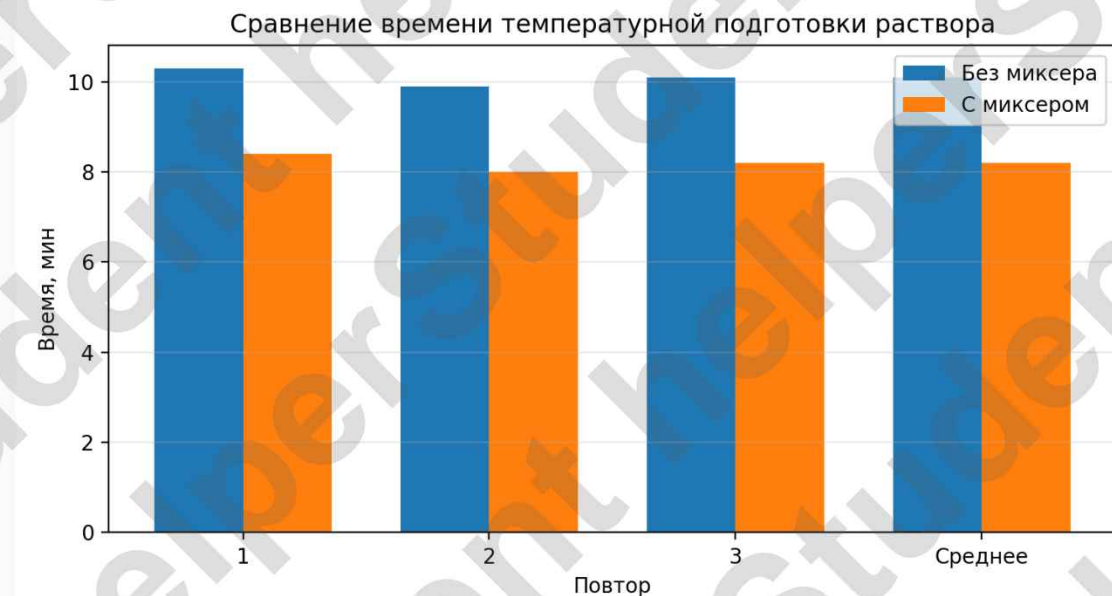
извлечение



повтор

Контроль применения направлен на исключение загрязнения раствора и механического контакта с электродной системой.

Результаты и экономическая оценка



Сравнение времени температурной подготовки

10,1
без миксера

8,2
с миксером

18,8 %
снижение

566,3
руб. затраты

5,2
руб./оп.

109
операций

Практическая выгода

- сокращение времени на 1,9 мин на операцию
- однотипное размещение емкостей
- воспроизводимая оснастка по чертежам

По результатам пробной серии отмечено сокращение времени температурной подготовки раствора при применении разработанного миксера.

Итоги работы

Полученные результаты

- определены условия применения комплекта
- разработаны миксер и подложка с комплектом чертежей
- выполнены слайсинг, FDM-печать, сборка и контроль деталей
- время подготовки снижено на 18,8 %

Преимущество решения

- простая ручная оснастка без электропривода
- адаптация под конкретные емкости и рабочее место
- возможность повторной печати отдельных деталей
- не изменяет методику поверки

Практический результат: комплект вспомогательной оснастки для подготовки буферных растворов перед поверкой pH-метров.

Спасибо за внимание