

нием степени деформации и коэффициента обжатия происходит постепенное повышение усилия волочения. При увеличении степени обжатия с 0,08 до 0,21 усилие волочения увеличивается в 1,5 раза. Полученные экспериментальные значения усилия волочения хорошо согласуются с расчетными.

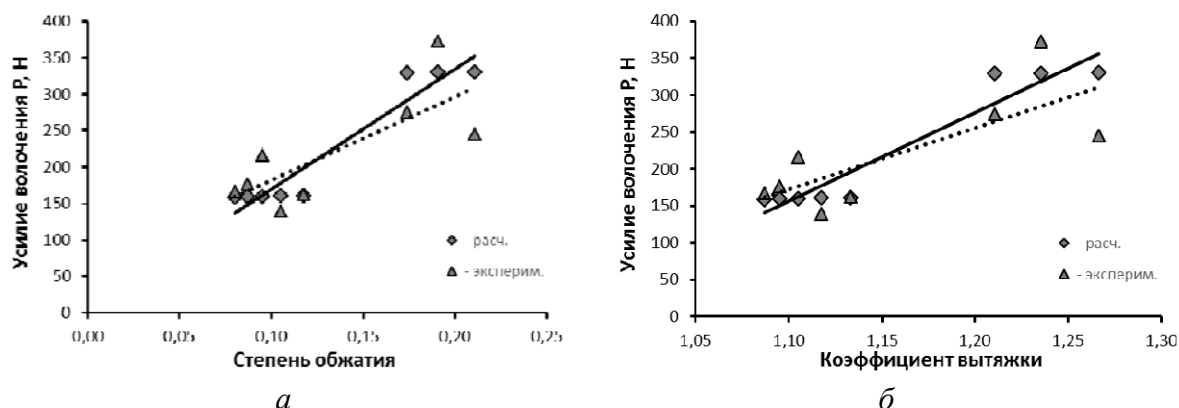


Рисунок 3 – Влияние усилия волочения от степени обжатия и коэффициента вытяжки: *а* – от степени обжатия; *б* – от коэффициента вытяжки

Повышение степени обжатия приводит к существенному повышению микротвердости и, соответственно, прочности материала (рисунок 4). При степени деформации 0,08 микротвердость исследуемого материала повышается на 25 % относительно исходного отожженного состояния, а при степени деформации 0,21 – на 44 %. Таким образом, для достижения высоких прочностных характеристик материала целесообразно выполнять обработку с высокой степенью деформации, однако при этом необходимо учитывать, что прикладываемое для волочения усилие не должно вызывать появление напряжений, превышающих предел текучести.

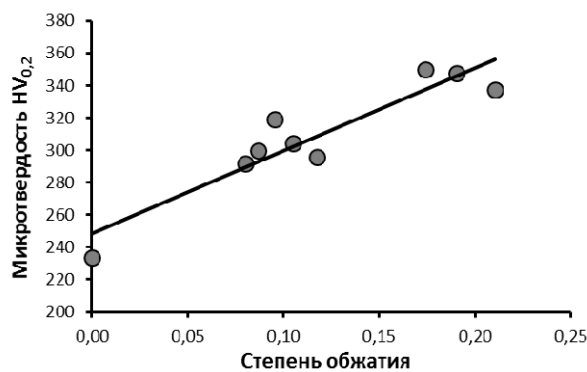


Рисунок 4 – Влияние степени обжатия на микротвердость образцов полученных волочением

УДК 621.74:539

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Матюшинец Т.В., Яцкевич Ю.В., Чичко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация. На основе метода математического моделирования выполнены численные расчеты процесса формирования пылевых выбросов в цеху, содержащем оборудование. Показаны возможности получения расчетной информации о распределении скоростей, температур и пылевых выбросов в 3d пространственной структуре. Рассчитана трехмерная динамика движения воздуха и пыли в условиях цеха, что можно использовать для разработки мероприятия по улучшению экологии цеха.

Ключевые слова: компьютерный анализ, пыль, экология цеха.

COMPUTER ANALYSIS OF DUST EMISSIONS OF PROCESS EQUIPMENT

*Matyushinets T., Jatskevich S.Y., Chychko A.
Belarusian National Technical University*

Abstract. *On the basis of mathematical modeling, numerical calculations of the process of forming dust emissions in the workshop containing equipment are performed. The possibilities of obtaining calculated information on the distribution of velocities, temperatures, and dust emissions in a 3d spatial structure are shown. Calculated three-dimensional dynamics of air and dust in the conditions of the workshop, which can be used to develop activities to improve the ecology of the workshop.*

Keywords: *computer analysis, dust, ecology of the workshop.*

Использование больших объемов сыпучих и кусковых материалов в технологической цепочке литейного и металлургического производства сопровождается интенсивным выделением разно-дисперсной пыли, которая является основной причиной заболеваний дыхательных путей персонала, обслуживающего оборудование. Эффективным методом борьбы с такого рода заболеваниями являются применение технических средств очистки воздуха в помещении цеха. Основным способом защиты работающего персонала от воздействия пыли на организм является метод аспирации, позволяющий существенно снизить уровень загрязнения промышленного цеха. При этом важнейшим вопросом остается оптимальный выбор распределения аспирационного оборудования в реально функционирующем цеху.

Целью настоящей работы является моделирование распределения пылевых выбросов в условиях промышленного цеха, заполненного различным оборудованием.

В качестве исходных данных была выбрана пространственная 3d-структура, имитирующая распределение в цеху промышленного оборудования (рисунок 1).

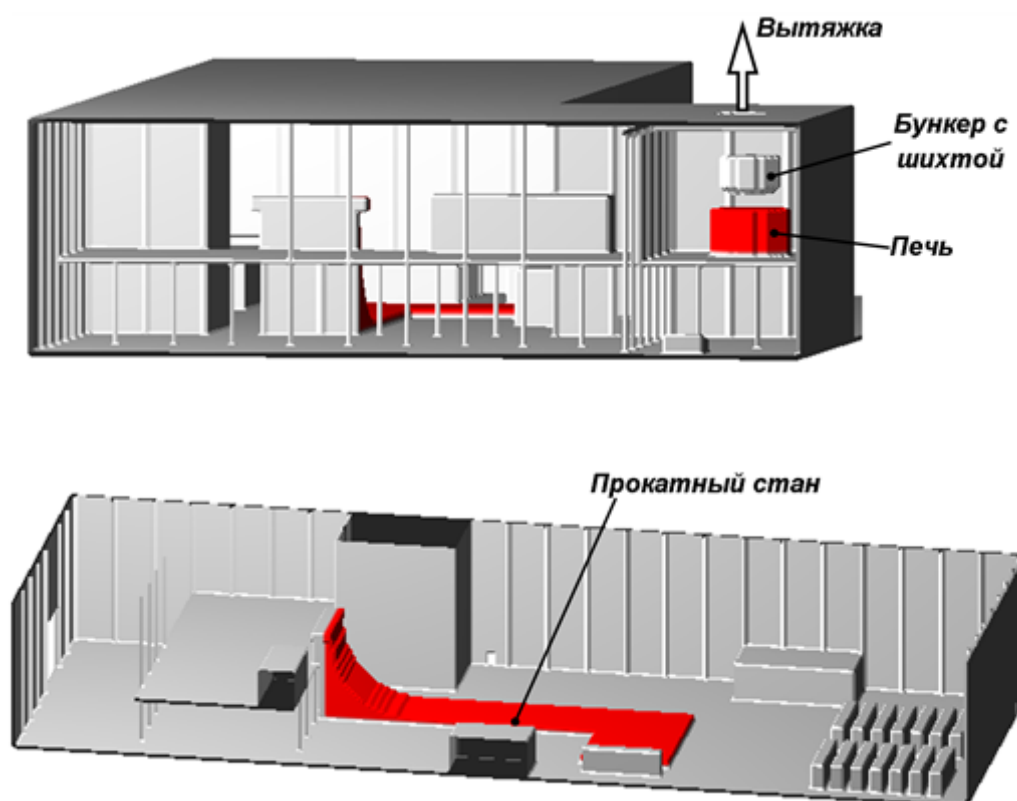


Рисунок 1 – Исходная 3D-модель, использованная для моделирования эволюции распределения пылевых выбросов в цеху

Моделируемое пространство неоднородно и включает характерную для металлургического цеха двухэтажную компоновку здания с системой поддерживающие и несущих колонн, плавильный участок, расположенный на втором этаже цеха с присущим для него технологическим оборудованием, зону управления, многоручьевую установки для непрерывного получения заготовок, участок охлаждения слитков, участок складирования готовой продукции, вспомогательные помещения цеха. В проведении расчетов использованы строительные конструкции с заданными теплопроводностью ($\lambda=0,84$ Вт/(м°C)), удельной теплоемкостью ($c = 1046$ Дж/(кг°C)); плотностью ($\rho = 1800$ кг/м³). Размер частиц, генерирующих пылевые выбросы в данной модели, был принят одинаковым.

При проведении моделирования были выбраны два источника пылевых выбросов (рисунок 2). Один источник пыли находился на прокатном стане и являлся постоянным (концентрация – 30 ед./см³). Другой источник пыли был переменным (концентрация – 100 ед./см³ с 10-й по 20-ю секунду модельного времени) и находился вблизи печи и был связан с загрузкой шихтовых материалов.

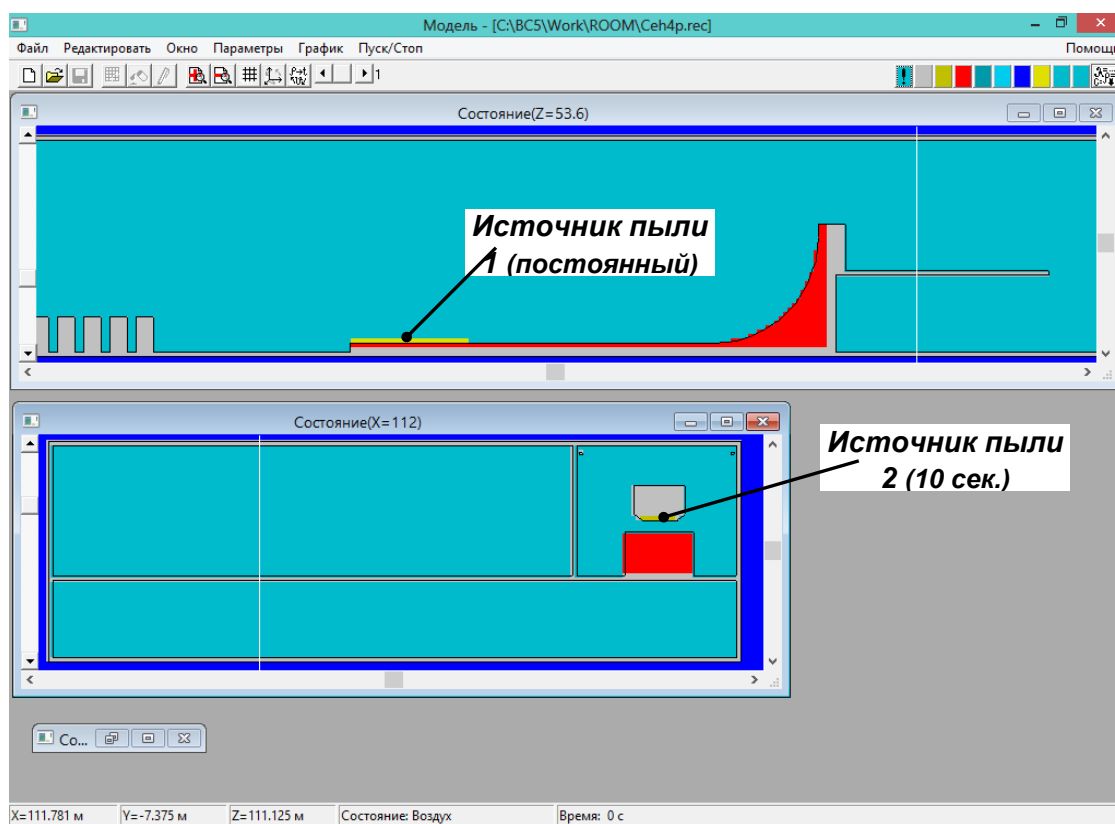


Рисунок 2 – Расположение источников пыли в 3D-структуре цеха с указанием источников пыли

Начальные условия были приняты следующими: начальная температура воздуха в помещении – 20°C; температура наружного воздуха – 0°C; температура печи и прокатного стана (постоянная) – 300°C; давление вытяжки – 10 кПа; толщина стен – 50 см. Используются теплофизические характеристики воздуха: удельная теплоемкость ($c = 1006$ Дж/(кг°C)); теплопроводность ($\lambda = 0,0257$ Вт/(м°C)); плотность ($\rho = 1.19$ кг/м³).

В работе использованы методы, опубликованные в работах [1-5]. В качестве модели для расчета пылевых выбросов была использована система уравнений, включающая уравнение Навье-Стокса; уравнение неразрывности, уравнение Менделеева-Клайперона, уравнение теплопроводности, которые были дополнены уравнением для расчета концентрации пылевых выбросов.

Для учета изменения концентрации пыли использовалось следующее уравнение:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + (V_y + V_c) \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = F_c,$$

где τ – время;

x, y, z – декартовы координаты (ось Y направлена вертикально);

V_x, V_y, V_z – проекции скорости воздуха на координатные оси X, Y, Z соответственно;

$P(x, y, z, \tau)$ – давление воздуха в точке x, y, z, τ ;

$\rho(x, y, z, \tau)$ – плотность материала в точке x, y, z, τ ;

$C(x, y, z, \tau)$ – распределение концентрации пылевых выбросов;

V_c – параметр скорости оседания пылевых выбросов (0,04 м/с);

$F_c(x, y, z, \tau)$ – мощность источника пыли в заданной точке пространства;

$T(x, y, z, \tau)$ – температура в точке x, y, z, τ ;

η – динамическая вязкость;

g – ускорение свободного падения;

$\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности материала;

$c(T)$ – удельная теплоемкость материала;

В результате моделирования были получены данные по полям скоростей, температур и содержания пылевых частиц в различные моменты времени в объеме исследуемого цеха. Так на рисунке 3 показаны распределения температуры в различных сечениях печного пространства и прокатного стана. Как видно из рисунков, в некоторых точках выделенных участков температура достигает значения 60°C . На рисунке 4 показаны распределения пылевых выбросов для пространства вблизи прокатного стана и печного оборудования. Как видно из рисунков, пыль распределяется в пространстве неоднородно и не повторяет распределение скоростей и температур.

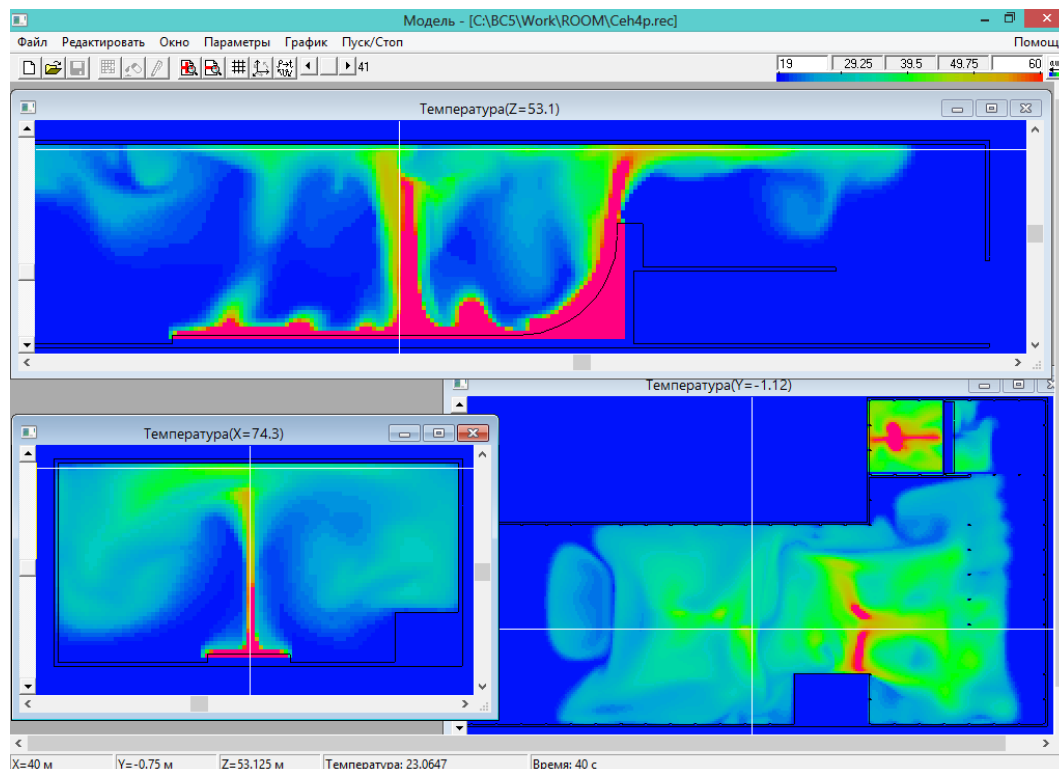


Рисунок 3 – Распределение температур в различных сечениях пространства прокатного стана на момент времени $\tau=40$ секунд

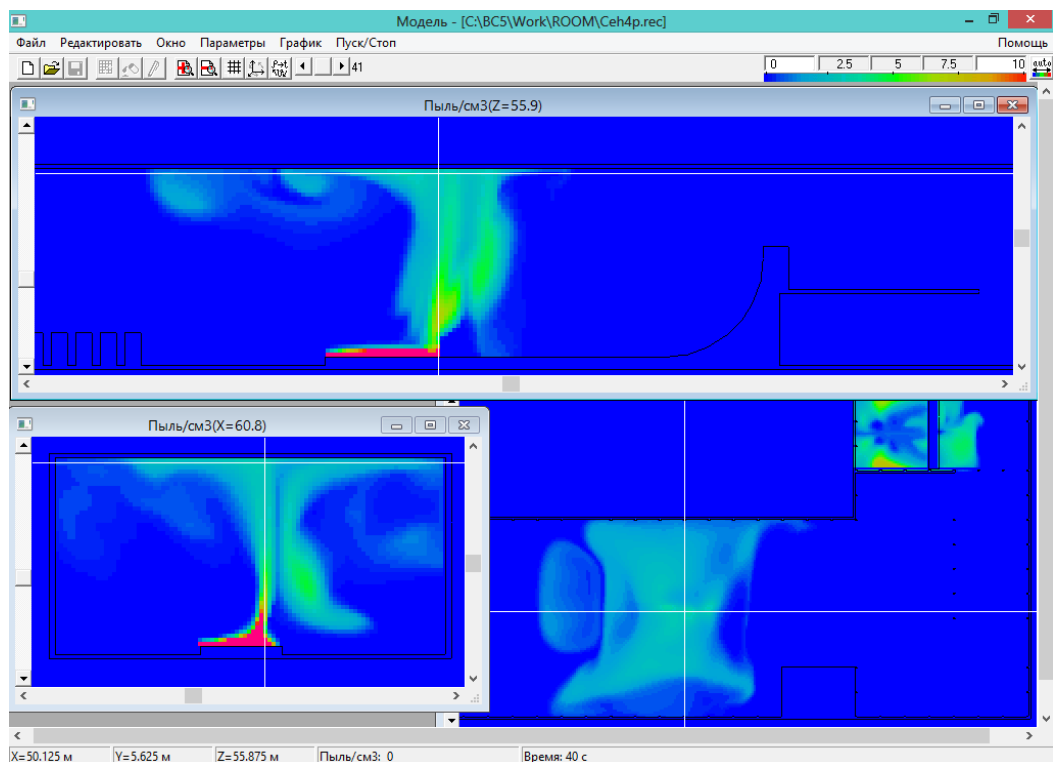


Рисунок 4 – Распределение пыли в различных сечениях пространства прокатного стана на момент времени $\tau=40$ секунд

Таким образом, из представленных иллюстраций видно, что используя 3D-моделирование можно получать огромное количество информации об эволюции пылевых выбросов в условиях работающего оборудования цеха.

Результаты численного моделирования показали, что с помощью клеточно-автоматной модели могут быть определены участки пространственного распределения пылевых выбросов и загрязнения в производственном помещении цеха. Во-первых, изменяя расположение вентиляционных отверстий и нагнетателей воздуха можно изменять распределение пылевых выбросов. Во-вторых, определяя места повышенной загрязненности в цеху можно определять места для установки аспирационного оборудования для очистки воздуха, что способствует созданию комфортных условий для работы персонала цеха. В дальнейшем, планируется усовершенствовать модель и использовать ее для проведения детальных исследований возможного загрязнения от пылевых выделений конкретных помещений на производственных предприятиях Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Чичко А.Н. Автоматизация разработки технологических процессов литейного производства на основе КС «ПроЛит-1с» под суперкомпьютер СКИФ / А.Н. Чичко, С.Г. Лихоузов, В.Ф. Соболев, О.А. Сачек, О.И. Чичко // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 28-29 окт. 2009 г. / Минск, 2009. – С. 252-254.
2. Чичко А.Н. Использование мультипроцессорной вычислительной системы СКИФ для решения некоторых задач металлургического производства / А.Н. Чичко, Д.М. Кукуй, С.Г. Лихоузов, В.Ф. Соболев, Ю.В. Яцкевич, О.И. Чичко, О.А. Сачек, А.В. Демин // Информационные технологии программы союзного государства «Триада»: основные результаты и перспективы: сб. науч. тр. Минск, 2010. – С. 159-168.
3. Чичко А.Н. Математическое моделирование усадочных процессов стали на основе уравнений Навье-Стокса и Фурье-Кирхгофа / А.Н. Чичко, С.Г. Лихоузов, В.Ф. Соболев, О.А. Сачек, Т.В. Матюшинец, О.И. Чичко // Литье и металлургия. – 2013. – №1. – С. 70-78.

4. Чичко А.Н. Компьютерное моделирование пространственного распределения плотности кристаллизующейся стали в системе «отливка-прибыль» / А.Н. Чичко, С.Г. Лихоузов, В.Ф. Соболев, О.А. Сачек, Т.В. Матюшинец, О.И. Чичко // Литье и металлургия. – 2013. – №2. – С. 46-55.

5. Лихоузов С.Г. О путях системного анализа движения металла в литниковых системах на основе численных решений уравнений Навье-Стокса / С.Г. Лихоузов, А.Н. Чичко, В.Ф. Соболев, О.А. Сачек, Т.В. Матюшинец, О.И. Чичко, Ю.В. Яцкевич // Литье и металлургия. – 2014. – №1. – С. 43-47.

УДК 621.923

ПОЛИРОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ СТЕНТОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ БИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Нусс В.С., Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Паршута А.Э., Будницкий А.С., Сорока Е.В.
Белорусский национальный технический университет*

Abstract. *It was found that the use of pulsed modes instead of direct current in the process of electrochemical polishing of the surfaces of matrix stainless steel stents produced by laser cutting allows to achieve the required roughness and regulated rounding of sharp edges with a short processing time, which ensures the preservation of the radial rigidity and geometry of the product.*

Стенты используются для увеличения биологического просвета, главным образом пораженных артерий, и для поддержания проходимости кровеносного сосуда после чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики. Одним из материалов для изготовления стентов является имплантантная нержавеющая сталь 316LVM.

Для исключения тромбоза поверхность стента должна быть гладкой (иметь низкую шероховатость), на поверхности не должны присутствовать инородные частицы, острые кромки должны быть скруглены. Гладкая поверхность может помочь предотвратить активацию и агрегацию тромбоцитов, которая признана одним из компонентов процесса тромбоза. Поэтому полировка поверхности имеет первостепенное значение при производстве и применении стентов.

Для повышения качества поверхности стентов обычно используются методы электрохимического полирования на постоянном токе. Применение постоянного тока не позволяет в полной мере контролировать процесс полирования. Для достижения требуемой шероховатости и скругления острых кромок часто требуется обработка с большой продолжительностью, что приводит к чрезмерному съему материала с поверхности и, соответственно, к потере радиальной жесткости и изменению геометрии. Так, для правильного функционирования стента процесс электрохимического полирования должен обеспечивать финишную обработку со следующими характеристиками обработанной поверхности: шероховатость обработанной поверхности – не более Ra 0,2 мкм; съем металла – не более 30% исходной массы; радиус закругления острых кромок – до 20 мкм. Поэтому для устранения недостатков электрохимического полирования на постоянном токе предложен метод импульсного биполярного электрохимического полирования стентов.

Исследования проводили на образцах коронарных стентов с размерами 1,8x22x0,15 мм. Обработку образцов стентов выполняли при следующих диапазонах изменения действующих факторов: период следования импульсов – 40–320 мс; длительность импульсов 20–80 мс; отношение амплитуд отрицательного и положительного импульсов – 33%; коэффициент заполнения – 25 %. Обработка выполнялась в электролите следующего состава: H₃PO₄ – 50%, H₂SO₄ – 25%, глицерин C₃H₈O₃ – 20%, H₂O – 5% (об.). Температура электролита находилась в пределах 25±5°C; продолжительность обработки всех образцов составляла 60–720 с.

Зависимости шероховатости поверхности стентов и радиуса скругления кромок от продолжительности, представлены на рисунке 1.