

УДК 685.34.05:53.043

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПУСТИМЫХ ЗАТРАТ
НА АВТОМАТИЗАЦИЮ ОБУВНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВОК
В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ**

**METHOD OF CALCULATION OF SHOE PLAZMA INSTALLATIONS
IN DIFFERENNT COUNTRIES**

С.П. АЛЕКСАНДРОВ, А.В. ШЕСТОВ, В.Ю. МИШАКОВ

S.P. ALEKSANDROV, A.V. SHESTOV, V.YU. MISHAKOV

**(Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))**

**(Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**

E-mail: viktormishako@rambler.ru

Представлены методики расчета допустимых затрат на автоматизацию плазменных установок при регламентированных сроках окупаемости, зависимости общественного продукта труда от периода работы плазменных установок, эксплуатируемых в странах различных экономических фор-

маций. Приведен числовой пример расчета и показаны графические характеристики искомых параметров плазменных установок в типовых странах: США, Китай, Индия, РФ. Выявлено преимущество эксплуатации плазменных установок в странах со значительным количеством рабочих часов в год и низким уровнем оплаты труда.

The calculation and graphic characteristics of the payback period of semi-automatic plasma equipment in typical countries are shown, depending on the consumer cost of the shoe treated with plasma. The advantage of operating plasma installations in countries with significant number of working hours per year and a low level of wages has been revealed.

Ключевые слова: производство обуви, плазменная обработка, экономический анализ.

Keywords: shoe production, plasma installation, economic analysis.

При переходе на новый технологический уклад, базирующийся на широком применении роботизированных комплексов, возникает необходимость решить задачу окупаемости затрат, направляемых на внедрение инновационной техники. В кожевенно-обувном производстве применение плазменной обработки не приводит к повышению производительности, так как происходит удлинение технологического цикла из-за введения дополнительного подпроцесса плазменной обработки. Положительное влияние плазменной обработки реализуется через повышение показателей качества изделия, что вызывает увеличение его потребительской стоимости, в первую очередь обуви специального назначения - военной, рабочей.

Прямой доход от плазменной обработки определится произведением $Q_1 N(Z+\Delta Z)$, где Q_1 – количество обработанных плазмой изделий в единичный период времени; N – число единичных периодов времени выпуска определенного изделия; $(Z+\Delta Z)$ – новая потребительская стоимость обработанного плазмой изделия.

Расходы в основном увеличиваются за счет стоимости дополнительных конструктивных изменений и средств автоматизации, что отражается в единовременных затратах прошлого труда T_{Π} , а также на запчастях (текущих затратах прошлого труда T_{ν}). Затраты живого труда $T_{ж}$ зависят от уровня зарплаты, характерной для экономической

формации страны, где эксплуатируется плазменная установка, определяющими являются не трудозатраты, а уровень зарплаты, сложившейся в формации.

Расходы в основном увеличиваются за счет стоимости используемых средств автоматизации, дополнительных конструктивных изменений, что отражается в единовременных затратах прошлого труда T_{Π} и связанных с нововведениями затратами живого труда $T_{ж}$, а также текущими затратами прошлого труда T_{ν} . Для определения единовременных затрат прошлого труда, включающих стоимость роботизации, дополнительных средств автоматизации и зависимых компонентов $T_{ж}$ и T_{ν} , проведем преобразование формулы общественного продукта труда A_T [1], [2] и приравняем A_T ℓ :

$$\ell = \frac{QN(Z+\Delta Z)}{T_{\Pi} + (T_{ж1} + T_{ж2} + T_{\nu1} + T_{\nu2} + T_{\nu3} + T_{\nu4})N}, \quad (1)$$

где $T_{ж1}$, $T_{ж2}$ – зарплата наладчика, затраты на ремонт; $T_{\nu1}$, $T_{\nu2}$, $T_{\nu3}$, $T_{\nu4}$ – текущие затраты прошлого труда: затраты на электроэнергию, на плазмообразующий газ, на аренду, на амортизационные отчисления.

Из уравнения (1) определится выражение для единовременных затрат прошлого труда при заданном сроке окупаемости в годах:

$$T_{\Pi} = \frac{[QN_{\Gamma}(Z+\Delta Z) - T_{ж1} - T_{\nu1} - T_{\nu2} - T_{\nu3}]N_{\Gamma}}{1 + (T_{ж2} + T_{\nu4})N_{\Gamma}}. \quad (2)$$

В схемном решении определена структура РПТУ и основные стоимостные параметры составляющих элементов. При расчетно-прогнозируемых расходах на текущие затраты прошлого T_v и живого $T_{ж}$ труда, а также получаемого дохода при известной добавочной потребительской стоимости на одну пару обуви становится возможным, используя формулу (2), раскрыть ее параметры и рассчитать единовременные затраты прошлого труда $T_{п}$ при регламентируемых сроках окупаемости в различных странах. Для РПТУ в США при назначенном сроке окупаемости $N_r = 1$ год и добавочной потребительской стоимости 200 руб. на одну пару обработанную плазмой обуви, подставляя данные в формулу (2), получим единовременные затраты прошлого труда $T_{п} = 14314973$ руб.

Путем вычитания из $T_{п}$ стоимости плазменной камеры ($C_{пк} = 10$ млн. руб.) определяются допустимые финансовые средства для осуществления роботизации технологического комплекса при назначенном инвестором сроке окупаемости $T_{п} - C_{пк} = 4314973$ руб.

При сравнении рассчитанных средств ($T_{п} - C_{пк}$) с реальной стоимостью, необходимых для функционирования плазменной установки промышленными роботами и другими автоматическими устройствами ($C_{пу} = 36,6$ млн. руб.), определяются их долевая часть и возможность оснащения плазменной установки средствами роботизации и автоматизации при соблюдении назначенного срока окупаемости:

$$\frac{(T_{п} - C_{пк}) \cdot 100\%}{C_{пу}} = 12\%. \quad (3)$$

Если вложения в роботизацию увеличить, то автоматически увеличится срок окупаемости и тогда нарушится поставленное условие – его регламентация.

Дефицит средств на проведение роботизации и автоматизации в приведенном случае составит 88% от реальной стоимости, включенных в схемное решение, составляющих РПТУ. Аналогично рассчитывается дефицит и возникающий при увеличении срока окупаемости профицит для последу-

ющих значений сроков окупаемости в США и других странах (рис. 1 – разница между доступными затратами на роботизацию и автоматизацию и реальной стоимостью их проведения на плазменных установках).

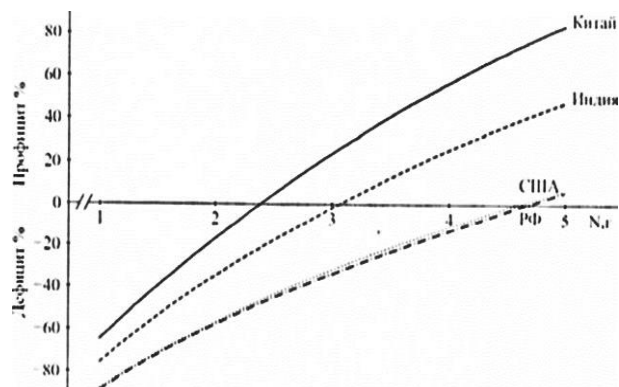


Рис. 1

Единовременные затраты прошлого труда на создание РПТУ складываются из затрат на плазменную камеру и стоимость средств роботизации и автоматизации, которые сопоставляются с прибылью, получаемой за счет прибавочной стоимости пары обуви, умноженной на их количество, выпускаемой за установленный период времени.

При регламентированном сроке окупаемости, если происходит уменьшение прибыли, должны сократиться единовременные затраты прошлого труда и связанные с ним переменные.

При экономически обоснованном проектировании РПТУ необходимо располагать данными о выделяемых финансовых средствах, предусмотренных на оснащение плазменной установки робототехникой и автоматическими устройствами. Инвестор, как правило, устанавливает период времени, по истечении которого устройство должно приносить прибыль. Поэтому срок окупаемости входит в число обязательных пунктов технического задания на проектирование.

Используя формулу (2) и приложения к ней, представляется возможным определить предназначенную для оснащения средствами роботизации и автоматизации плазменной установки сумму вложений в

единовременные затраты прошлого труда, при которых соблюдается регламентированный срок окупаемости, и произвести сравнение расчетных величин с реально необходимыми.

Проводимый расчет показывает, какая сумма ассигнований должна быть вложена в единовременные затраты прошлого труда при соблюдении поставленных условий – регламентированный срок окупаемости и проведение комплексной роботизации плазменной установки.

Сокращение периода дефицита средств, предназначенных для роботизации и автоматизации плазменных установок в Китае, по сравнению, в первую очередь с США и РФ (рис. 1), определяется уменьшением составляющих живого труда и текущих затрат прошлого труда, функционально слабо зависящих от единовременных затрат прошлого труда.

В Китае, стране с быстроразвивающейся экономикой, даже при некотором снижении добавочной потребительской стоимости пары обуви, увеличение срока окупаемости, определенное расчетом, позволяет экономически обоснованно применять роботизированное оснащение плазменных установок.

Интегральная оценка степени полезности внедряемого инновационного процесса (плазменной обработки обуви) проводится по критерию общественного продукта труда для стран различных экономических формаций, представляемого в виде:

$$A_T = \frac{QN(Z+\Delta Z)}{T_{\Pi}+(T_{ж}+T_{\nu})N} \quad (4)$$

Приведенные члены уравнения, за исключением добавочной потребительской стоимости ПС, принятой 200 руб. за обработанную плазмой обувь, и единовременных затрат прошлого труда для оснащения плазменной установки средствами роботизации, изменяются в зависимости от страны, где эксплуатируется РПТУ. Так, количество рабочих часов в год влияет на производительность, уровень жизни – на текущие затраты живого труда. Результаты расчета общественного продукта труда для РПТУ с учетом специфики стран отражены

сплошными линиями на рис. 2 (зависимости общественного продукта труда для РПТУ и автоматизированных плазменных установок от периода работы и страны их эксплуатации).

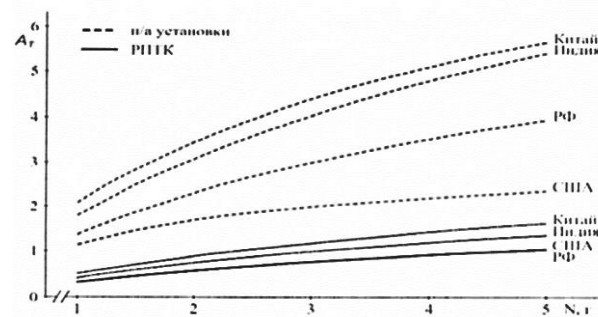


Рис. 2

Изображенные сплошные линии графиков на рис. 2 корреспондируются с кривыми на рис. 1 в реперных точках, показывающих сроки окупаемости. Это точки пересечения характеристик с горизонтальной линией $A_T = 1$ на рис. 2 и точки пересечения кривых с абсциссой на рис. 1. Характеристики A_T для РПТУ, эксплуатируемых в США и РФ, практически совпадают, так как разница в производительности в этих странах компенсируется отличием в заработной плате.

Проблема внедрения инновационного РПТУ решается конкурентным сравнением с аналогичными, в частности, с автоматизированным устройством обратного хода для плазменной обработки обувных заготовок (рис. 3) [3].

РПТУ имеет ряд недостатков:

- трудность реализации на практике с помощью робота отделения нежесткой заготовки от пачки, перенос и подвешивание заготовок на продольной опоре в разгрузочно-загрузочной камере:

- сложность составляет операция открепления необработанных плазмой заготовок в разгрузочно-загрузочной камере, штучный перенос каждой полупары заготовок по сложной траектории с передней опоры разгрузочно-загрузочной камеры на продольную опору рабочей камеры и закрепление там каждой полупары, что потребует существенных затрат времени и бу-

дет сопровождаться погрешностями в позиционировании заготовок и сбоями в работе;

- применение роботов на операциях перемещения, позиционирования, закрепления, открепления нежестких заготовок для выполнения правильных действий потребует применения роботов последнего поколения с функциями осязания, технического зрения, автоматического выбора оптимальной траектории движения при переносе каждой полупары заготовки различного ассортимента, что вызовет несоизмеримые затраты в сравнении со стоимостью плазменной камеры и превышения зарплаты оператора во множество раз;

- переход на новый ассортимент обуви (по назначению, виду, роду) потребует каждый раз перепрограммирования роботов, что связано с дополнительными затратами времени;

- предложенная в РПТУ система полупарного отделения заготовок, сбора пачки заготовок, закрепления и открепления заготовок на опорах, множество движений роботов в цикле, – все это затрудняет практическое применение роботизированных плазменных установок, учитывая высокую стоимость применяемых роботов;

- оператор, обслуживающий РПТУ, будет недозагружен в течение рабочей смены, так как он только отслеживает процесс и останавливает его в случае сбоя.

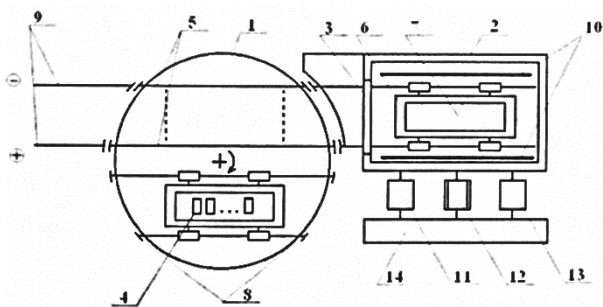


Рис. 3

Автоматизированное плазменное устройство состоит из линейно расположенных поворотного стола 1 (рис. 3) и рабочей камеры 2, которая отделена от внешней среды шлюзом 3, обеспечивающим герметизацию рабочей камеры при откачке воздуха и при плазменной обработке заготовок

4. Поворотный стол 1 разделен на две равные секции, на каждой проложены направляющие 5 линии пути (аналоги рельсового пути) для передвижения тележки 6 с контейнером 7. Эти направляющие 5 на поворотном столе 1 и рабочей камере 2 на концах имеют контактные группы 8, предназначенные для коммутации тока между отдельными участками направляющих 5 линий пути с электрошинами 9 энергосистемы предприятия.

Поворотный стол 1 многофункционален – секция в позиции, оппозитной оператору, предназначена для загрузки и разгрузки контейнера с заготовками, другая секция в позиции, обращенной к рабочей камере, – для приема тележки 6 с контейнером 7, заполненным обработанными плазмой заготовками, передачи их вместе с тележкой и контейнером на позицию, обслуживаемую оператором, и получение взамен не обработанных плазмой заготовок для последующей передачи в рабочую камеру 2.

Рабочая камера 2 имеет два электрода 10, между которыми позиционируется тележка 6 с контейнером 7, загруженным подлежащими обработке заготовками. В рабочей камере 2 проложены направляющие 5 линии пути. Рабочая камера 2 соединена с откачным постом 11, предназначенным для создания в ней разрежения, высокочастотным генератором 12, вырабатывающим переменное напряжение для электродов 10, системой подачи плазмообразующего газа 13, контролирующим пультом управления 14.

В состав предлагаемого устройства входит тележка 6, способная самостоятельно перемещаться по профильным направляющим 5 линий пути. На тележке 6 смонтирован шаговый двигатель с двухсторонним валом, приводящим ведущую ось тележки 6 во вращение, контроллер, в котором записана программа движение тележки 6. Также имеется возможность при необходимости изменять движения тележки 6 электромагнитными командами с пульта управления 14.

Автоматизированная плазменная установка надежна в работе, позволяет осуществить мобильный переход на обработку часто изменяемого ассортимента заготовок обуви, реализовать рациональное сочета-

ние труда оператора, автоматического транспортирования заготовок и плазменной обработки, избежать неэффективные затраты на робототехнику, на регулярное перепрограммирование систем управления при смене ассортимента изделий, сократить потери электроэнергии на поддержание требуемого уровня разряда в рабочей камере, обеспечить экономическую эффективность работы установки. При этом сохранить традиционную форму комплектации заготовок как после завершения пошива заготовок, так и при передаче обработанных заготовок в цех сборки обуви.

В установке реализуется принцип разумного сочетания автоматизированной работы и труда оператора на тех операциях, где пока человек превосходит по своим способностям робототехнические устройства в функциях: оценки ситуации, принятия решения, переноса и закрепления нежестких деталей, в быстроте управления по обратной связи.

Автоматизированная плазменная установка имеют равную часовую производительность с РПТУ, но годовая производительность, зависящая от числа рабочих часов в году в разных странах, отличается. Стоимость автоматизированных плазменных установок намного ниже РПТУ (в 4,5 раза), так же как и затраты на ремонт и амортизационные отчисления. Остальные показатели варьируются в меньшей степени, и их значимость для конечного результата не является определяющей.

Характеристики общественного продукта труда, создаваемого на полуавтоматических плазменных установках изображены на рис. 2 штриховыми линиями, которые демонстрируют более высокие показатели по сравнению с эффективностью РПТУ (сплошные линии).

Разница показателей A_T у установок, работающих в Китае и США, весьма значительна вследствие высокой годовой производительности в Китае (в 1,5 раза) и меньшей заработной платы (более чем в 6 раз). Характеристики A_T для Индии располагаются вблизи соответствующих характеристик A_T в Китае, так как по приведенным

параметрам они не столь значительно отличаются между собой. Характеристика A_T для полуавтоматической плазменной установки в РФ находится между аналогами в Китае и США.

Преимущество производителей в Китае и Индии в изготовлении обработанной плазмой обуви на полуавтоматических установках (рис. 2) можно компенсировать рациональной логистикой (в РФ производство и приобретение обуви в основном находится в европейской части страны, экономия на транспортных расходах), заградительными таможенными барьерами (с 10% в РФ до 25%, как в Китае), расширением применения плазменной обработки на обувных предприятиях РФ, учитывая, что разработчиками являются российские ученые, используя патентную защиту российских изобретений.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчета дефицита единовременных затрат прошлого труда, предназначенных для роботизации плазменной установки, для автоматизированных плазменных устройств при различных регламентированных сроках окупаемости в странах различных экономических формаций.

2. Выявлено, что высокая стоимость средств роботизации, используемых в плазменных установках для обработки обуви, не компенсируется экономией затрат живого труда (заработной платой) даже в США, где она максимальная, в результате плазменную обработку пока более выгодно выполнять на полуавтоматических установках? чем на РПТУ.

3. Расчеты по приведенным методикам показали увеличение срока окупаемости плазменных установок при снижении потребительской стоимости выпускаемых изделий для всех стран.

4. Максимальный общественный продукт труда при обработке обуви плазмой достигается в Китае, где наибольшая продолжительность рабочих часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров С.П., Шестов А.В., Жуковская Т.В. Метод прогнозирования эффективности плазменных установок для обработки верха обуви (сообщение 1) // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. Т19, №23. С. 79...82.
2. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов. – М.: Изд-во Машиностроение, 2007.
3. Патент РФ № 2016113486 08.04.2016. / Александров С.П., Шестов А.В., Жуковская Т.В. Автоматизированное устройство обратного хода для плазменной обработки обувных заготовок // Патент России № 2628988. 2017 Бюл. № 24.

REFERENCES

1. Aleksandrov S.P., Shestov A.V., Zhukovskaya T.V. Metod prognozirovaniya effektivnosti plazmennykh ustanovok dlya obrabotki verkha obuvi (soobshchenie 1) // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. T19, №23. S. 79...82.
2. Volchkevich L.I. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov. – M.: Izd-vo Mashinostroenie, 2007.
3. Patent RF № 2016113486 08.04.2016. / Aleksandrov S.P., Shestov A.V., Zhukovskaya T.V. Avtomatizirovannoe ustroystvo obratnogo khoda dlya plazmennoy obrabotki i obuvnykh zagotovok // Patent Rossii № 2628988. 2017 Byul. № 24.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 13.03.19.
