

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВОК,
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СТРАНАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИЙ**

**ECONOMIC EVALUATION PLASMA SYSTEMS
OPERATED IN COUNTRIES DIFFERENT FORMATIONS**

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: viktormishakov@rambler.ru

Представлена методика расчета срока окупаемости роботизированных плазменных технологических установок (РПТУ), эксплуатируемых в странах различных экономических формаций. Проведен расчет с численным примером и показаны графические характеристики срока окупаемости РПТУ в типовых странах, в зависимости от потребительской стоимости обработанных плазмой изделий. 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 robot plasma equipment in typical countries are shown, depending on the consumer cost 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, плазменная обработка, экономический анализ.

Keywords: production, plasma installation, economic analysis.

Эволюция процесса международного разделения труда привела к переносу промышленных производств из стран с прогрессивной экономикой в развивающиеся страны с дешевой рабочей силой. Последствием этого процесса стало сокращение рабочих мест в передовых странах, снижение наполняемости бюджета (ВВП). Расширение отраслей высоких технологий не позволяет пока в полной мере компенсировать экономические потери от сокращения традиционных промышленных производств.

Решение проблемы возврата обувной промышленности в развитые страны лежит в плос-

кости ускоренной автоматизации технологического процесса, роботизации и перехода на безлюдную организацию промышленного производства, что вызывает снижение потребного количества рабочих, занятых на конвейерах предприятий легкой промышленности, и, как следствие, сокращение затрат живого труда.

Учеными Казанского национального исследовательского технологического университета разработана высокоэффективная технология модификации структуры и свойств капиллярно-пористых материалов, в том числе применяемых в обуви, методом

обработки неравновесной низкотемпературной плазмой. Воздействие плазмой на детали обуви, состоящие из кожи, ткани, картона, каучуков, позволяет существенно улучшить их физико-механические и гигиенические характеристики [1], [2].

Выбор конструктивных решений для реализации инновационной технологии базируется не только на совершенстве применяемой техники, но и на затратах на ее приобретение и эксплуатацию, стоимости труда в стране, где плазменная установка будет работать.

Созданию автоматизированного производства должен предшествовать экономический анализ еще на уровне схемных решений структуры технологических комплексов, который установит обоснованность внедрения в предполагаемый период времени и в определенной стране предложенных инноваций, в рассматриваемом случае РПТУ в обувное производство [3], [4]. В качестве варианта схемного решения на рис. 1 представлена РПТУ для обработки обуви.

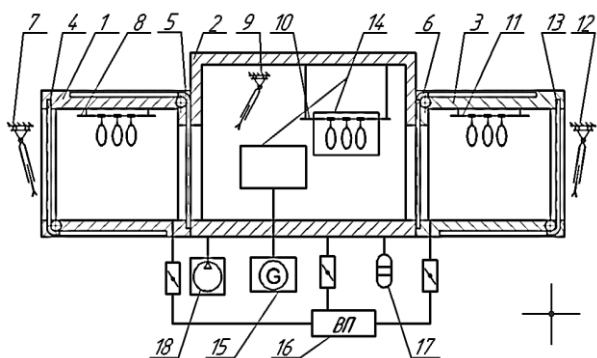


Рис. 1

Установка состоит из линейно расположенных вакуумных камер: загрузочная камера 1 (рис. 1), рабочая камера 2, разгрузочная камера 3. Загрузочная камера 1 отделена от внешней среды входным шлюзом 4, который обеспечивает ее герметизацию. Загрузочная и рабочая камеры отделены друг от друга промежуточным шлюзом 5. Рабочая и разгрузочная камеры – межкамерным шлюзом 6.

Первый робот 7, расположенный у загрузочной камеры 1, предназначен для переноса и установки заготовок с приемного

стола на первую продольную опору 8 загрузочной камеры. Функция второго робота 9 – переместить заготовку из загрузочной камеры, где предварительно откачен воздух до требуемого уровня разряжения, в рабочую камеру 2, на вторую продольную опору 10 в зону плазменной обработки, а затем на продольную опору 11 разгрузочной камеры 3.

Третий робот 12 обеспечивает разгрузку обработанных плазмой заготовок из разгрузочной камеры 3, минуя выходной шлюз 13, на стол, где собираются заготовки в пачки для передачи в цех сборки обуви.

Для создания и поддержания требуемого режима обработки заготовок плазмой установки оснащены двумя электродами 14, высокочастотным генератором 15, вакуумным откачным постом 16, системой подачи плазмообразующего газа 17, пневматическим компрессором 18.

Исследование проводится для групп стран, разделенных по экономическим формациям – развитые (США, ЕС), развивающиеся (Индия, Бангладеш, Вьетнам), с переходной экономикой (РФ) и быстроразвивающиеся (Китай). Для удобства сравнительного анализа все вычисления денежных средств приводится в рублевом эквиваленте.

Расчетная формула для определения срока окупаемости инновационной технологии и техники выводится из формулы общественного продукта труда [4], [5]:

$$N_3 = \frac{T_n}{\text{ПСД} - T_{ж} - T_v}, \quad (1)$$

где T_n – единовременные затраты прошлого труда (оборудование); ПС – увеличение потребительской стоимости (цены) пары обуви; D – количество изделий в заказе; $T_{ж}$ – затраты живого труда (зарплата, затраты на ремонт); T_v – текущие затраты прошлого труда (электричество, плазмообразующий газ).

Структурная схема РПТУ [3] включает плазменное устройство стоимостью 10 млн. руб., две автоматические каретки 0,3 млн. руб. каждая и три промышленных робота по 12 млн. руб. за одного робота.

Размер первоначального заказа – 80000 пар обуви, со сроком выполнения не более года. Анализ рыночного спроса прогнозирует возможность увеличения выпуска обуви с дальнейшей пролонгацией.

На срок окупаемости (оценочный показатель), определяемый по уравнению (1), влияют два противоположно направленных фактора – рост дополнительных единовременных затрат прошлого труда, увеличивающие N_3 , и снижение затрат живого труда $T_ж$, повышающих показатель N_3 .

Дополнительные единовременные затраты прошлого труда складываются из стоимости плазменного устройства $T_{пу}$, двух автоматических кареток $2T_{пк}$ и трех промышленных роботов $3T_{пр}$:

$$T_{п} = T_{пу} + 2T_{пк} + 3T_{пр} = 10 + 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 12 = 46,6 \text{ млн. руб.}$$

Расчет проводится для лидера группы развитых стран – США [6], [7].

Количество праздничных, выходных и отпусковых дней $M_в$ в США составляет $M_в = 131$ дн. Число рабочих дней при общем числе дней в году $M_г = 365_{дн}$:

$$M_{р,дн} = M_г - M_в = 365 - 131 = 234 \text{ дн.}$$

Количество рабочих часов в год при 8-часовом рабочем дне $R_{дн}$:

$$R_г = M_{р,дн} R_{дн} = 234 \cdot 8 = 1872 \text{ ч.}$$

Число производственных партий в смену при односменном рабочем дне:

$$z = T_{см} / T_{ц} = 480 / 15 = 32 \text{ партий.}$$

Время цикла определяется по циклограмме РПТУ: $T_{ц} = 15$ мин.

Число пар заготовок в одной производственной партии для выполнения заказа: $D = 80000$ пар заготовок в течение года:

$$p = \frac{D}{M_{р,дн} \times z} = \frac{80000}{234 \times 32} = 10,7.$$

Увеличиваем число пар обуви p до ближайшего большего, соответствующего значению у модуля плазменной камеры – $p=12$

пар обуви, определенного конструктивным решением.

Количество пар обуви в год, обработанных плазмой при принятых значениях:

$$D_г = pzM_{р,дн} = 12 \cdot 32 \cdot 234 = 89856 \text{ пар обуви.}$$

Отношение заказанных пар заготовок к расчетному годовому выпуску:

$$\eta = D/D_г = 80000/89856 = 0,89.$$

Прибавочная стоимость заказанной продукции:

$$ПС D = 200 \cdot 80000 = 16000000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты прошлого труда T_v :
- затраты на оплату электроэнергии для выполнения заказа (мощность установки $N_y = 45$ кВт, тариф $L_1 = 7,8$ руб./кВт·ч):

$$T_{v1} = N_y R_г L_1 \eta = 45 \cdot 1872 \cdot 7,8 \cdot 0,89 = 584794 \text{ руб.}$$

- стоимость расходуемого плазмообразующего газа (Аргон), тариф $L_2 = 14$ руб./ч:

$$T_{v2} = R_г L_2 \eta = 1872 \cdot 14 \cdot 0,89 = 23325 \text{ руб.};$$

- затраты на аренду площади $S = 80$ м² при тарифе $L_3 = 10000$ руб./м² за год:

$$T_{v3} = S L_3 \eta = 80 \cdot 10000 \cdot 0,89 = 712000 \text{ руб.};$$

- амортизационные отчисления (10% в год, $L_4 = 0,1$):

$$T_{v4} = T_{п} L_4 \eta = 46600000 \cdot 0,1 \cdot 0,89 = 4147400 \text{ руб.}$$

Суммарные текущие затраты прошлого труда:

$$T_v = \sum T_{vi} = 5467519 \text{ руб.}$$

Затраты живого труда $T_ж$:

- зарплата наладчика при годовой зарплате $Z = 3120000$ руб., с учетом коэффициента занятости $k_1 = 0,1$:

$$T_{ж1} = Zk_{1п} = 3120000 \cdot 0,1 \cdot 0,89 = 277680 \text{ руб.};$$

- на ремонт и межремонтное обслуживание ($k_2 = 3\%$ от стоимости оборудования):

$$T_{ж2} = T_{пk_2п} = 46600000 \cdot 0,03 \cdot 0,89 = 1244220 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты живого труда:

$$T_{ж} = \Sigma T_{жj} = 1521900 \text{ руб.}$$

Полученные расчетным путем данные подставляются в формулу (1) и находится срок окупаемости РПТУ в размере количества периодов выполнения заказа при добавочной потребительской стоимости ПС = 200 руб. на одну пару обуви:

$$N_3^{США} = \frac{46600000}{200 \times 80000 - 1521900 - 5467519} = 5,2_{\text{периода}}$$

В годовом исчислении при производстве 89850 пар обуви срок окупаемости составит $N_{г}^{США} = 4,6$ г.

При меньших значениях добавленной потребительской стоимости пары обуви срок окупаемости значительно превышает регламентированные величины (на оборудование 3...5 лет). Так, при ПС = 150 руб. срок окупаемости РПТУ возрастает до $N_{г}^{США} = 8,1$ г.

Сроки окупаемости РПТК для стран других экономических формаций рассчитываются аналогичным способом и составляют при ПС = 200 руб. Для РФ – $N_{г}^{РФ} = 4,7$ г., для Китая – $N_{г}^K = 2,4$ г., для Индии – $N_{г}^И = 2,9$ г. (рис. 2). Увеличение срока окупаемости в РФ по сравнению с США происходит за счет большего количества рабочих дней в США, несмотря на меньшую в РФ зарплату, стоимость электроэнергии, аренды.

В Индии количество рабочих часов в год в 1,2 раза больше, чем в США, в Китае – в 1,5 раза, что увеличивает годовую производительность, а также факторы низкой зарплаты, арендной платы, стоимости элек-

троэнергии обеспечивают существенное снижение срока окупаемости. В Китае срок окупаемости ниже, чем в Индии, главным образом из-за большего числа рабочих часов в год.

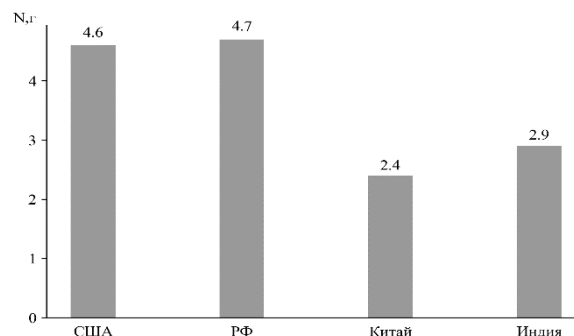


Рис. 2

Соотношение рабочих часов в рассматриваемых странах: Китай – 1, Индия – 0,78, США – 0,67, РФ – 0,63. В Китае доминантный фактор – максимальное количество рабочих часов – обеспечивает минимальный срок окупаемости по сравнению с другими странами и делает внедрение РПТУ наиболее прибыльным.

Представляется экономически целесообразным полученный для США результат сравнить со сроком окупаемости полуавтоматической плазменной установки [8] равной производительности. Отличие составляют единовременные затраты прошлого труда $T_{п}$, уменьшившиеся в 4,5 раза, затраты живого труда $T_{ж}$, увеличившиеся в 2,8 раза, текущие затраты прошлого труда T_{v} , сократившиеся в 2,7 раза, а также мощность плазматрона $N_y = 35$ кВт, арендованная площадь $S = 50$ м².

В полуавтоматической установке непосредственно процесс плазменной обработки производится в автоматическом режиме: в плазменную камеру поступают заготовки верха обуви, подвешенные на стержневой конструкции, установленной на самодвижущейся тележке. После завершения плазменного воздействия тележка с обработанными заготовками поступает на стол разгрузки, а другая тележка с необработанными заготовками перемещается в плазменную камеру. Заполнение и сьем заготовок с тележек осуществляется оператором.

Срок окупаемости в США полуавтоматической плазменной установки составляет 0,84 г., что в 5,5 раза меньше, чем у РПТУ. Объясняется это высокой стоимостью современных промышленных роботов, амортизационными и ремонтными отчислениями, перекрывающими экономию от снижения денежных выплат обслуживающему неполный рабочий день плазменную установку наладчику.

Сроки окупаемости полуавтоматических плазменных установок зависят от страны, где они эксплуатируются, и добавочной потребительской стоимости (рис. 3). Характеристики зависимостей срока окупаемости располагаются в порядке – самая высокая в США, самая низкая в Китае, где наибольшее число рабочих часов и низкая, по сравнению с США, зарплата. Ближайшие к показателям Китая сроки окупаемости в Индии, где зарплата ниже, что оказывает положительное влияние, а сокращенное количество рабочих часов – отрицательное. Последний фактор оказался доминирующим.

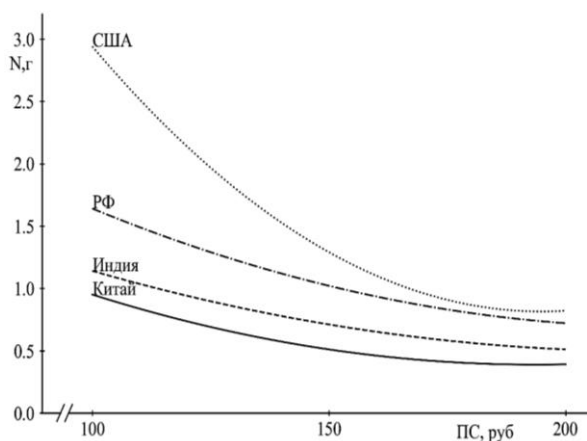


Рис. 3

Увеличение потребительской стоимости (ПС) пары обуви в результате повышения ее качества за счет плазменной обработки приводит к сокращению срока окупаемости во всех странах различных экономических формаций.

ВЫВОДЫ

1. Составлена методика расчета срока окупаемости РПТУ, предназначенных для

обработки обуви и эксплуатируемых в странах с различной экономической формации. Расчет показал следующие результаты: в Китае – 2,4 г., в Индии – 2,9 г., в США – 4,6 г. и в РФ – 4,7 г. (в относительных единицах – 1:1,2:1,9:2,0), что объясняется коротким сроком выполнения заказа в Китае и Индии и соответствующим сокращением, связанных с ним издержек, низкой, особенно в Индии, оплатой труда.

2. Разработана методика расчета, и представлены графические характеристики срока окупаемости полуавтоматических плазменных установок в странах различных экономических формаций, в зависимости от потребительской стоимости обрабатываемой обуви. Минимальные сроки окупаемости в Китае и Индии, где максимальное число рабочих часов в год и низкие затраты на оплату живого труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдуллин И.Ш., Махоткина Л.Ю.* Высококачественная плазменная обработка в производстве обуви. Теория и практика использования. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2006.
2. *Тихонова Н.В.* Научно-технологические основы регулирования формоустойчивости заготовки верха обуви из натуральной кожи с использованием ВЧ плазмы пониженного давления: Дис... докт. техн. наук. – Казань, 2012.
3. Патент РФ №2013100116/02, 09.01.2013. Александров С.П., Бердникова И.П., Абдуллин И.Ш. / Автоматизированное устройство проходного типа для плазменной обработки заготовок верха обуви // Патент России № 2556166. 2015. Бюл. №19.
4. *Александров С.П., Донцова Л.В., Шестов А.В.* Метод расчета потребительской стоимости изделия по показателям качества и оценка экономической эффективности // Менеджмент в России и за рубежом. – 2016, №1. С.99...109.
5. *Волчкевич Л.И.* Автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение, 2007.
6. Календарь на 2016 год с праздниками и выходными в США [электронный ресурс] Travel Calendar.ru > ...2016... prazdnikami... vyhodnymi... ssha.
7. Средняя зарплата в США в 2016 году [электронный ресурс] usa-info.com.ua>live... srednyaya-zarplata-v-ssha-v...
8. *Александров С.П., Шестов А.В., Жуковская Т.В.* Метод прогнозирования эффективности плазменных установок для обработки верха обуви (сообщение 2) // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2017. Т.20, №1. С. 97...100.

REFERENCES

1. Abdullin I.Sh., Makhotkina L.Yu. Vysokochastotnaya plazmennaya obrabotka v proizvodstve obuvi. Teoriya i praktika ispol'zovaniya. – Kazan': Kazan. gos. tekhnol. un-t, 2006.
 2. Tikhonova N.V. Nauchno-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya formoustoychivosti zagotovki verkha obuvi iz natural'noy kozhi s ispol'zovaniem VCh plazmy ponizhennogo davleniya: Dis.... dokt. tekhn. nauk. – Kazan', 2012.
 3. Patent RF №2013100116/02, 09.01.2013. Aleksandrov S.P., Berdnikova I.P., Abdullin I.Sh. / Avtomatizirovannoe ustroystvo prokhodnogo tipa dlya plazmennoy obrabotki zagotovok verkha obuvi // Patent Rossii № 2556166. 2015. Byul. №19.
 4. Aleksandrov S.P., Dontsova L.V., Shestov A.V. Metod rascheta potrebitel'skoy stoimosti izdeliya po pokazatelyam kachestva i otsenka ekonomicheskoy effektivnosti // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. – 2016, №1. S.99...109.
 5. Volchkevich L.I. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov. – M.: Mashinostroenie, 2007.
 6. Kalendar' na 2016 god s prazdnikami i vykhodnymi v SShA [elektronnyy resurs] Travel Calendar.ru ...2016... prazdni-kami...vyhodnymi...ssha.
 7. Srednyaya zarplata v SShA v 2016 godu [elektronnyy resurs] usa-info.com.ua/live...srednyaya-zarplata-v-ssha-v...
 8. Aleksandrov S.P., Shestov A.V., Zhukovskaya T.V. Metod prognozirovaniya effektivnosti plazmennykh ustanovok dlya obrabotki verkha obuvi (soobshchenie 2) // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2017. T.20, №1. S. 97...100.
- Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 04.03.19.
-