

УДК 685.34.055.4–52

МАКСИМОВ С.А., СУНКУЕВ Б.С., БЕЛЯЕВ А.А.,
ПЕТУХОВ Ю.В.
Витебский государственный технологический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТИН ПВХ ПО КРИТЕРИЯМ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель. Исследование погрешностей, вызванных шероховатостью обработанных поверхностей и их минимизации посредством выбора рациональных режимов обработки.

Методика. Оптимизация режимов обработки пластин ПВХ оснастки по критериям точности и производительности ведется путем максимизации угловой скорости кривошипа механизма иглы, аналитическим методом и составлением программы для ее определения на ЭВМ.

Результат. Разработан метод оптимизации режимов обработки пластин ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате с ЧПУ по критериям качества и производительности.

Научная новизна. До настоящего времени не имеется работ, в которых бы рассматривались вопросы оптимизации режимов обработки пластин ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате с ЧПУ по критериям качества и производительности.

Практическая значимость. Предложенный способ оптимизации режимов обработки позволяет повысить качество рабочих поверхностей технологической оснастки к швейным полуавтоматам с ЧПУ, а также повысить производительность изготовления оснастки.

Ключевые слова: Полуавтомат с числовым программным управлением, технологическая оснастка, обработка пластин ПВХ, оптимизация, качество поверхности, производительность.

Введение. При изготовлении технологической оснастки к швейным полуавтоматам с числовым программным управлением (далее ЧПУ) для сборки плоских заготовок верха обуви (далее ЗВО) [1] наиболее трудоемкой и ответственной операцией является обработка поверхностей контуров окон пластин, в которые укладываются детали обуви, подлежащие сборке в изделие.

До настоящего времени пластины изготавливаются из алюминиевых сплавов, а обработка поверхностей производится на фрезерных станках с ЧПУ. При этом стоимость изготовления одного комплекта оснастки достигает 370 долларов США.

Постановка задачи. В настоящей работе рассматривается процесс обработки рабочих поверхностей пластин из пластика ПВХ непосредственно на швейном полуавтомате с ЧПУ посредством пробивки пластика пробойником, закрепленным в игловодителе швейной головки. При этом пластина перемещается по заданной программе с помощью координатного устройства (далее КУ) швейного полуавтомата. Имеется незначительное число работ, посвященных механическому резанию пластмасс [2], работ же, посвященных обработке пластмасс методом пробивки пробойником, вообще нет.

Обоснование методов исследования. Основным требованием, предъявляемым к обработке поверхностей замкнутого контура в технологической оснастке для швейных полуавтоматов, является идентичность поверхности контура контуру деталей, вкладываемых в окно.

На рис. 1 показаны теоретический (идеальный) контур окна и фактический контур, полученный после обработки. Текущая точка K теоретического контура представлена в подвижной системе координат xOy , жестко связанной с пластиной координатами x , y .

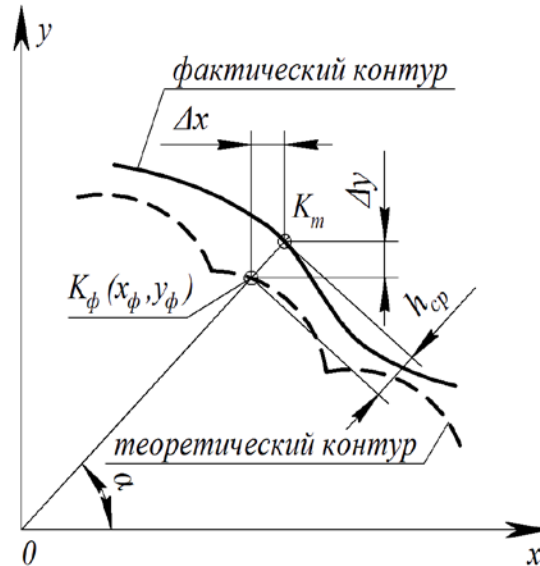


Рис. 1. Теоретический контур окна и фактический контур, полученный после обработки

Фактический контур может отличаться от теоретического вследствие следующих причин:

- погрешностей позиционирования КУ швейного полуавтомата относительно пробойника;
- шероховатости обработанной поверхности окна.

Погрешность позиционирования КУ швейного полуавтомата складывается из погрешности отработки управляющей программы шаговыми электродвигателями, которая не превышает 5% линейной дискретности 0,1 мм и составляет $\pm 0,005$ мм, и ошибок, вызванных зазорами в кинематических парах механизмов координатного устройства.

В настоящей работе поставлена задача исследования погрешностей, вызванных шероховатостью обработанных поверхностей и их минимизации посредством выбора рациональных режимов обработки.

Шероховатость обработанной поверхности будем оценивать средней высотой неровностей профиля поверхности

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n},$$

где h_i – высота неровностей в i -той точке, а n – число измеряемых точек.

Положение точки K_ϕ фактического контура принимаем отстоящей на величину h_{cp} , измеренной по линии, соединяющей точки O и K .

Координаты точки K_ϕ обозначим x_ϕ , y_ϕ (рис. 1), тогда

$$x_{\phi} = x - \Delta x, \quad (1)$$

$$y_{\phi} = y - \Delta y, \quad (2)$$

где

$$\Delta x = h_{cp} \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

$$\Delta y = h_{cp} \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

$$\alpha = \arctg \frac{x}{y}. \quad (5)$$

При замкнутом контуре α меняется в интервале $[0; 2\pi]$, тогда согласно (3), (4) Δx , Δy изменяются в пределах $[-h_{cp}; h_{cp}]$.

Схема взаимодействия пробойника и пластины из пластика ПВХ представлена на рис. 2. Пластина 2 из листа ПВХ закрепляется в кассете (на рис. 2 не показана), кассета закрепляется в каретке КУ и перемещается в старт-стопном режиме по заданной программе. В процессе перемещения кассета скользит по поверхности игольной пластины 3. Пробойник 1 диаметром d опускается вниз и пробивает отверстие диаметром d в пластине 2. В период пробивки пластина неподвижна. Достигнув крайнего нижнего положения, пробойник 1 перемещается вверх. Перемещение листа ПВХ кареткой КУ, производится в периоды, когда пробойник 1 не контактирует с пластиной 2.

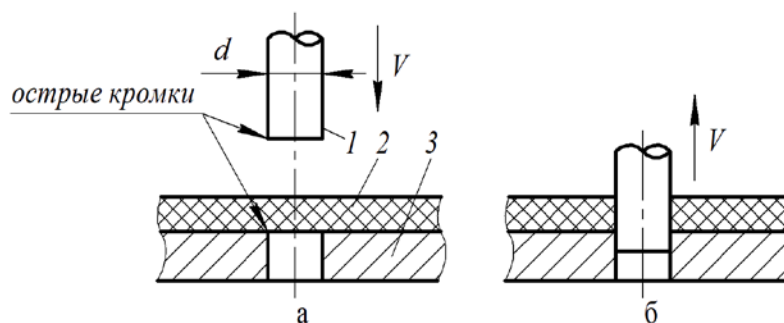


Рис. 2. Схема взаимодействия пробойника и пластины из ПВХ:

1 – пробойник, 2 – пластина ПВХ, 3 – игольная пластина

Предположив, что пробойник пробивает в пластине отверстие диаметром d , то представим элемент обработанной поверхности (рис. 3), образованный дугами двух окружностей диаметром d , центры которых отстоят на расстояние S , с высотой неровностей

$$h = \frac{d}{2} - \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}. \quad (6)$$

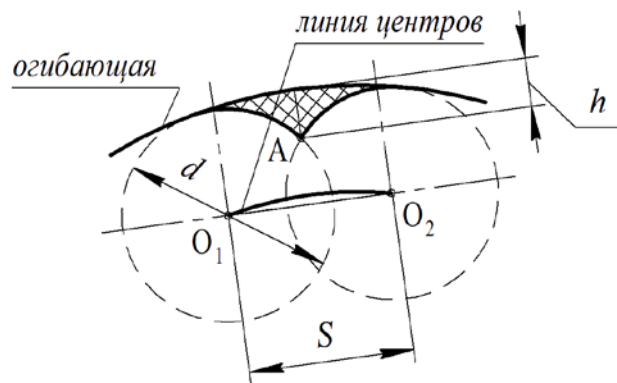


Рис. 3. Элемент обработанной поверхности

Анализ зависимости (6) показывает, что высота неровностей h возрастает с увеличением шага S и существенно уменьшается с увеличением диаметра d . В свою очередь, диаметр d пробойника ограничивается диаметром колбы иглы и диаметром отверстия в игловодителе. Поэтому целесообразно ограничиться $d \leq 2$ мм. На рис. 4 приведен график зависимости h от S при $d = 2$ мм.

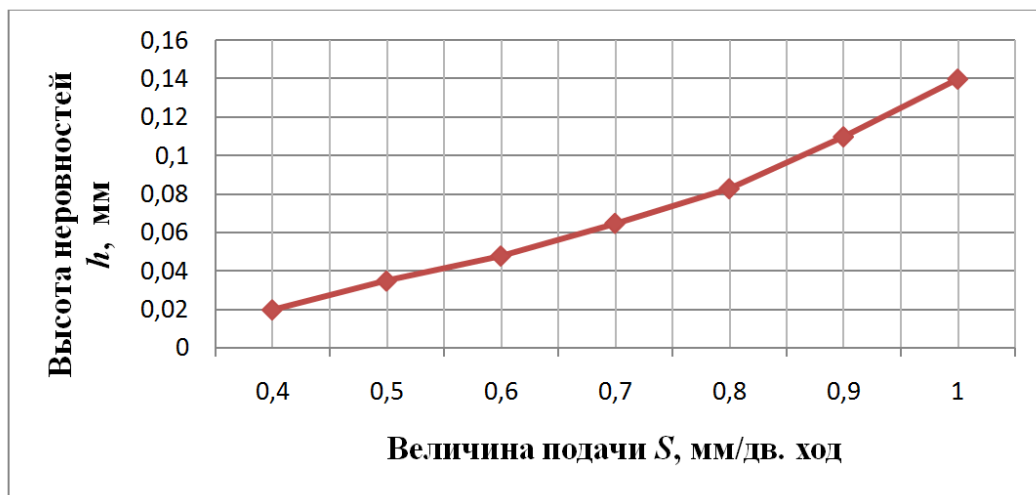


Рис. 4. График зависимости величины неровностей h от подачи S при диаметре пробойника $d = 2$ мм

Результаты исследования. Экспериментальные исследования показали, что высота неровностей h_{cp} зависит от ряда факторов: максимальной скорости V_1 движения пробойника при пробивке листа ПВХ и направления подачи пластины. Скорость пробойника V_1 экспериментально оценивалась по моменту касания инструментом поверхности пластины. В [3] приведены результаты исследования средней высоты неровностей h_{cp} в диапазоне скоростей $V_1 = 0,4 \dots 1,03$ м/с.

В ходе экспериментальных исследований выяснилось, что существенное влияние на величину h_{cp} оказывает направление подачи пластины относительно неподвижной системы координат xOy (рис. 5). Исследование зависимости h_{cp} от V_1 проводились при различных

подачах пластины: вдоль оси x (паз 2), перпендикулярно оси y (паз 1), под углом 45° к оси x (паз 3), по дуге окружности (паз 4).

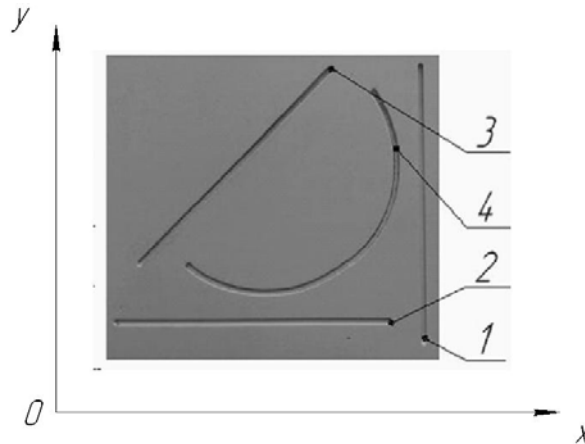


Рис. 5. Обработанные пазы при различных направлениях подачи (экспериментальный образец)

Графики зависимости h_{cp} от V_1 при обработке пазов 1, 2, 3 и 4 (рис. 5) представлены на рис. 6. Исследования проводились при $S = 0,5\text{ мм/дв. ход}$, так как при $S \leq 0,5\text{ мм/дв. ход}$ величина h_{cp} практически не изменяется.

Столь существенное расхождение профиля обработанной поверхности в статике (см. формулу (6) и графически выраженные результаты расчета по ней, отраженные на рис. 4) и в динамике (см. графики на рис. 6) можно объяснить процессами упруго-пластических деформаций материала пластика ПВХ, происходящими при скорости пробойника $V_1 > 0,4\text{ м/с}$.

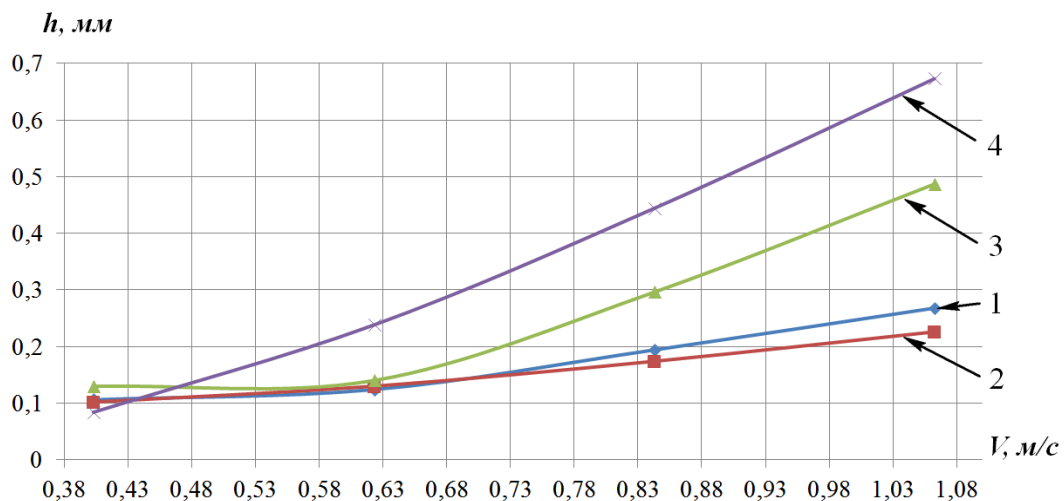


Рис. 6. График зависимости величины неровности h от скорости пробойника при различных направлениях подачи

На основании экспериментальных исследований установлено, что высота неровностей h_{cp} обрабатываемой поверхности есть функция скорости V_1 пробойника и направления вектора S подачи материала на один ход пробойника

$$h_{cp} = F(V_1, \vec{S}).$$

Вид кривых, представленных на рис. 6, показывает, что при $V_1 \leq 0,4$ м/с средняя высота неровностей h_{cp} стабилизируется на уровне $h_{cp} \approx 0,1$ мм. Принимаем указанное значение скорости пробойника в качестве допустимого, а шаг назначаем $S = 0,5$ мм/дв. Полученные режимы позволяют достичь средней высоты неровностей $h_{cp} \leq 0,1$ мм.

Назначив геометрические и кинематические режимы процесса обработки листа ПВХ, поставим задачу максимизации эксплуатационных характеристик процесса, в частности производительности обработки контура Q , $\frac{мм}{с}$.

Производительность Q обработки контура поверхности зависит от частоты ходов пробойника n и шага S подачи материала на один ход пробойника

$$Q = n \cdot S,$$

где частота хода пробойника $n = \frac{\omega}{2\pi}$, а ω , рад/с – угловая скорость вращения кривошипа механизма иглы швейного полуавтомата. Тогда

$$Q = \frac{\omega \cdot S}{2\pi}, \frac{мм}{с}. \quad (7)$$

Задача максимизации Q может быть сведена к задаче максимизации ω при заданной скорости V_1 .

На рис. 7 показана схема кривошипно-ползунного механизма иглы головки швейного полуавтомата, используемого для получения паза в технологической оснастке. Ведомый ползун 1 закреплен винтом на стержне игловодителя 2. В нижней части игловодителя имеется отверстие, в которое вставлен и закреплен винтом 3 пробойник 4. Обрабатываемая пластина 5 в момент пробивки отверстия пробойником 4 расположена на игольной пластине 6.

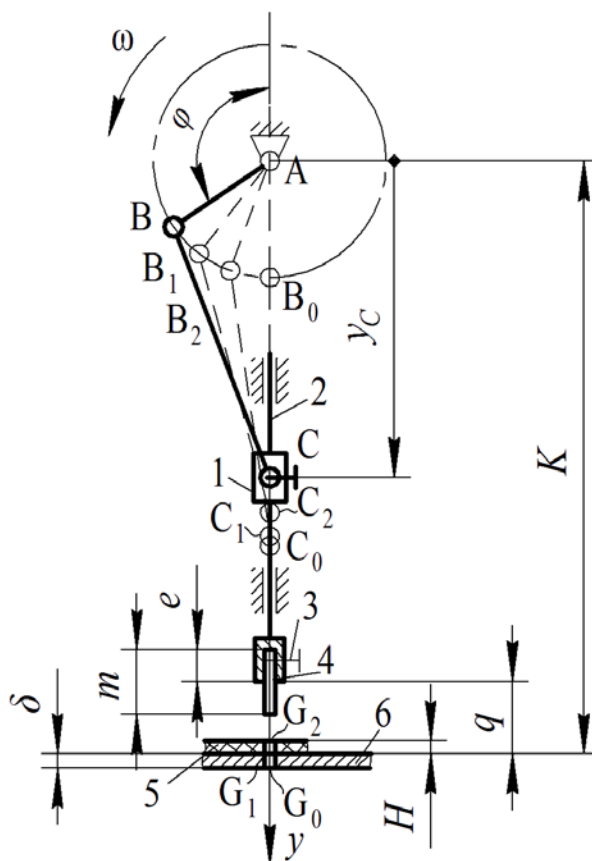


Рис. 7. Графическая схема механизма для расчета средней скорости пробойника

Для определения зависимости между скоростью V_C ползуна и угловой скоростью ω кривошипа AB , введем систему отсчета положений кривошипа AB и ползуна I . Угловую координату φ кривошипа AB будем отсчитывать от вертикальной оси, проведенной через шарнир A . Координату y_C шарнира C будем отсчитывать от шарнира A по вертикальной оси Ay . Аналитически (рис. 7) выразим координату положения ползуна I

$$y_C = -r \cos \varphi + \sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}, \quad (8)$$

где $r = AB$; $l = BC$. Дифференцированием y_C по φ определим аналог скорости ползуна V_φ

$$\frac{dy_C}{d\varphi} = V_\varphi = r \sin \varphi - \frac{r^2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}}. \quad (9)$$

Скорость V_C ползуна определяется из равенства

$$V_C = V_\varphi \cdot \omega, \quad (10)$$

где ω – угловая скорость кривошипа AB . Из выражения (10) следует, что при известной скорости V_C угловая скорость ω определится из равенства

$$\omega = \frac{V_C}{V_\varphi}.$$

Таким образом, для увеличения ω , а, следовательно, и производительности Q процесса обработки листа ПВХ следует работать в зоне наименьших значений V_φ .

На рис. 8 приведен график зависимости аналога скорости игловодителя V_φ от угла поворота φ кривошипа, для швейной машины 31 конструктивно-унифицированного ряда ОАО «Легмаш» при $r = 17,5\text{мм}$, $l = 65\text{мм}$. Из графика следует, что $V_\varphi = 0$ при $\varphi = 180^\circ$.

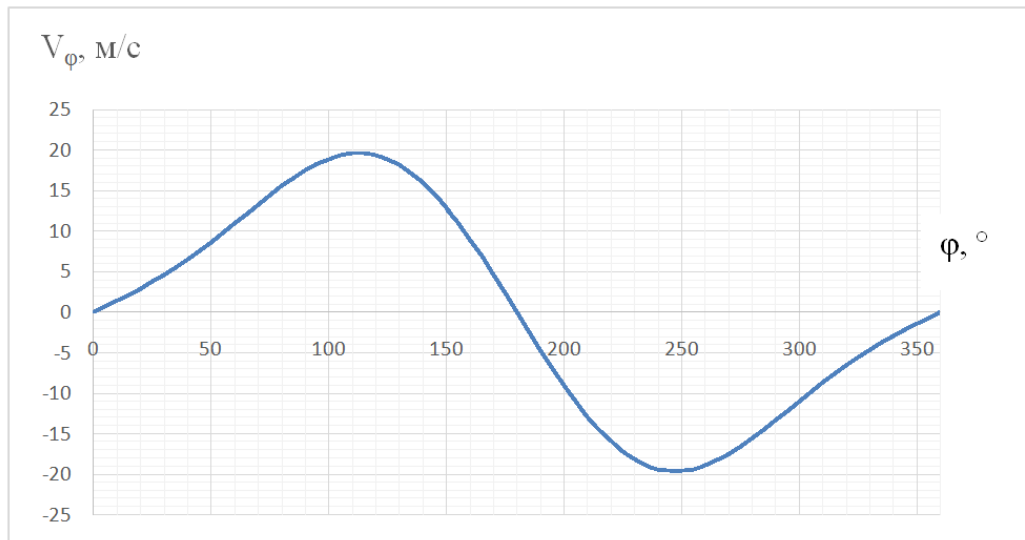


Рис. 8. График зависимости аналога скорости игловодителя V_φ от угла поворота φ кривошипа для швейной машины 31 КУР ОАО «Легмаш»

В связи с этим можно предложить следующий способ определения длины пробойника m (рис. 7), обеспечивающий пробивку отверстия при наименьших значениях V_φ .

Установим крайнюю нижнюю точку G (рис. 7) пробойника 4 в положение G_0 , отстоящее на расстояние δ от нижней поверхности пластины ПВХ 5. Считая полученное положение G_0 «мертвым», то есть соответствующим $\varphi = 180^\circ$, определим длину пробойника m из равенства (рис. 7)

$$m = q + e + \delta,$$

где q – расстояние между нижней кромкой игловодителя 2, находящегося в крайнем нижнем положении, и поверхностью игольной пластины 6, e – длина отверстия в игловодителе 2 для установки пробойника 4.

Например, в швейной машине 31 конструктивно-унифицированного ряда тяжелого типа ОАО «Легмаш» $e = 9,3\text{мм}$, $q = 12\text{мм}$, при $\delta = 1\text{мм}$ получим $m = 22,3\text{ мм}$.

Скорости пробойника V_1 и V_2 , соответствующие началу и концу пробивки отверстия в листе ПВХ, определим следующим образом. Зададимся координатами y точек C_0 , C_1 , C_2 ползуна, соответствующим крайнему нижнему его положению, началу и окончанию пробивки отверстия в пластине ПВХ

$$y_{C_0} = l + r; y_{C_1} = y_{C_0} - \delta; y_{C_2} = y_{C_1} - H. \quad (11)$$

Затем из равенства

$$\varphi = 180^\circ - \arccos \frac{y_C^2 + r^2 - l^2}{2y_C \cdot r} \quad (12)$$

определим соответствующие y_{C1} , y_{C2} значения углов φ_1 , φ_2 поворотов кривошипа AB . Для последних из равенства

$$V = \left(r \sin \varphi - \frac{r^2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}} \right) \cdot \omega, \quad (13)$$

полученного из выражений (9), (10), определим соответствующие углам φ_1 , φ_2 значения V_1 и V_2 скорости пробойника. Так как $V_1 > V_2$, то целесообразно выбрать $V_1 = V_{дон}$, а затем определить соответствующее значение ω . Блок-схема определения угловой скорости ω представлена на рис. 9.

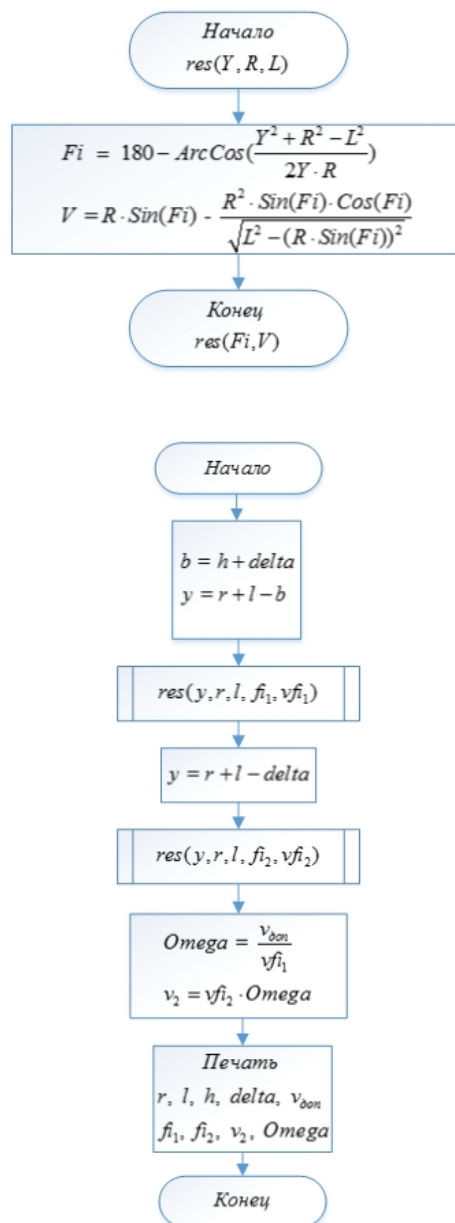


Рис. 9. Блок-схема программы определения угловой скорости ω

В соответствии с разработанной блок-схемой составлена программа и проведен расчет угловой скорости ω для швейного полуавтомата ПШ-1 (конструкции кафедры машин и

аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ») при различных значениях H и δ . Результаты выполненного расчета представлены в таблице 1.

Таблиця 1

Результаты расчета угловой скорости ω для швейного полуавтомата ПШ-1

№	r , мм	l , мм	H , мм	δ , мм	$V_{доп}$, м/с	φ_1 , °	φ_2 , °	V_2 , м/с	ω , рад/с	n , об/мин
1	17,5	65	1	1	0,4	155,39	162,70	0,2882	44,0	420
2	17,5	65	2	1	0,4	149,66	162,70	0,2399	36,7	350,5
3	17,5	65	2	2	0,4	144,74	155,39	0,2942	32,4	309,4

Полученные результаты представляют собой экспериментально обоснованные режимы обработки технологической оснастки из листа ПВХ, включая геометрико-кинематические параметры процесса, так и эксплуатационные характеристики, что позволяет их рекомендовать для применения в производственных условиях для изготовления технологической оснастки, предназначенной для автоматизированной сборки многослойных пакетов деталей и изделий легкой промышленности (обуви, кожгалантерейных изделий и прочих).

Список использованных источников

1. Бувич А. Э. Автоматизированное проектирование и изготовление оснастки и разработка управляющих программ к швейному полуавтомату с микропроцессорным управлением / А. Э. Бувич, Б. С. Сункуев // Вестник ВГТУ. 2001. – №3. – с. 43-47.
2. Штучный Б. П. Обработка пластмасс резанием. Справочное пособие / Б. П. Штучный. – Москва : Машиностроение, 1974. – 144 с.
3. Максимов С. А. Исследование точности обработки поверхностей контуров в пластинах технологической оснастки / С. А. Максимов, Б. С. Сункуев // Материалы докладов 47 международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / С. А. Максимов, Б. С. Сункуев // УО «ВГТУ». – Витебск, 2014. – с. 485-487.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ПЛАСТИН ПВХ ПО КРИТЕРІЯМ ТОЧНОСТІ І ПРОДУКТИВНОСТІ

МАКСИМОВ С. А., СУНКУЕВ Б. С., БЄЛЯЄВ А. А., ПЄТУХОВ Ю. В.

Вітебський державний технологічний університет

Мета. Дослідження погрешностей, викликаних шорсткістю оброблених поверхонь і їх мінімізації за допомогою вибору раціональних режимів обробки.

Методика. Оптимізація режимів обробки пластин ПВХ оснащення за критеріями точності і продуктивності ведеться шляхом максимізації кутової швидкості кривошипа механізму голки, аналітичним методом і складанням програми для її визначення на ЕОМ.

Результати. Розроблений метод оптимізації режимів обробки пластин ПВХ технологічного оснащення на швейному напівавтоматі з ЧПУ за критеріями якості і продуктивності.

Наукова новизна. До теперішнього часу немає робіт, в яких би розглядалися питання оптимізації режимів обробки пластин ПВХ технологічного оснащення на швейному напівавтоматі з ЧПУ за критеріями якості і продуктивності.

Практична значимість. Запропонований спосіб оптимізації режимів обробки дозволяє підвищити якість робочих поверхонь технологічного оснащення для швейних напівавтоматів з ЧПУ, а також підвищити продуктивність виготовлення оснащення.

Ключові слова: *напівавтомат з числовим програмним управлінням, технологічне оснащення, обробка пластин ПВХ, оптимізація, якість поверхні, продуктивність.*

OPTIMIZATION OF MODES OF TREATMENT OF PLATES OF PVKH ON CRITERIA OF EXACTNESS AND PRODUCTIVITY

МАКСИМОВ С. А., СУНКУЄВ В. С., БЕЛІАЄВ А. А., ПЕТУКHOV Ю. В.

Vitebsk State Technological University

Purpose. Research of errors, treated surfaces and their minimization caused a roughness by means of choice of the rational modes of treatment.

Method. Optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of rigging on the criteria of exactness and productivity is conducted by maximization of angular of crank of mechanism of needle, by an analytical method and drafting of the program for its determination on COMPUTER.

Result. The method of optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of the technological rigging is developed on a sewing semi-automatic device with CHPU on the criteria of quality and productivity.

Scientific novelty. To the present tense not present works in which the questions of optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of the technological rigging were examined on a sewing semi-automatic device with CHPU on the criteria of quality and productivity.

Practical meaningfulness. The offered method of optimization of the modes of treatment allows to promote quality of workings surfaces of the technological rigging to the sewing semi-automatic devices with CHPU, and also to promote the productivity of making of rigging.

Keywords: *Semi-automatic device with numerical control, technological rigging, treatment of plates of PVKH, optimization, quality of surface, productivity.*