

УДК 621.757-52

М. Ф. Керимжанова, к.т.н., доц., Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

E-mail: allnt@ntu.kz

Эффективность выполнения сборочных операций с использованием промышленных роботов

Рассмотрена возможность повышения производительности роботизированных сборочных комплексов. Проанализированы факторы, влияющие на производительность. Показано возможное сокращение рабочего цикла за счет совмещения движений промышленного робота.

Ключевые слова: сборочная операция, промышленный робот, повышение производительности.

M. F. Kerimzhanova

Effectiveness of the Implementation of Assembly Operations Using Industrial Robots

Possibility of increase of productivity of the robotized assembly complexes is considered. The analysis of the factors influencing productivity is given. Possible reduction of a running cycle at the expense of combination of movements of the industrial robot is shown.

Keywords: assembly operation, the industrial robot, productivity increase.

Действующие в настоящее время в промышленности роботизированные комплексы характеризуются недостаточно высокой производительностью, гибкостью и надежностью функционирования. Производительность соответствующих комплексов можно представить функцией, зависящей от нескольких совокупностей факторов, которые в дальнейшем будем называть факторами I рода и т.п. Факторы I рода, относящиеся к роботам в структуре роботизированных технологических комплексов, обусловлены надежностью работы основных элементов промышленного робота (приводов, отдельных модулей, захватных устройств); быстродействием и быстроходностью рабочих органов; точностью позиционирования последних и выбором рациональной траектории движения рабочего органа. К совокупности факторов II рода относятся конструктивно-технологические характеристики собираемых изделий: вид соединения (разъемные, неразъемные; по необходимым усилиям сопряжения и т.п.), качество присоединяемых деталей и точность выполняемого соединения. В разрезе технологического комплекса производительность обусловлена факторами III рода, которые

определяются видом загрузочных и других устройств периферийного окружения промышленного робота; их скоростными параметрами и способами ориентации в них собираемых деталей (узлов).

Анализ факторов I рода позволил выделить характерные рабочие зоны сборочного робота. Основные движения характерных зон: радиальное перемещение рабочего органа на сборочную позицию – поворот – радиальное перемещение; поворот – радиальное перемещение рабочего органа; совмещенное движение этих перемещений. Из анализа циклограммы работы робота в роботизированном сборочном комплексе выявлено, что 30-50 % времени расходуется на перемещение детали рабочим органом ПР. Совмещение отдельных перемещений рабочего органа позволяет в среднем сократить штучное время сборки роботом втрое.

Конструктивно-технологические параметры робота и околороботного окружения в роботизированных комплексах характеризуются: точностью позиционирования самого робота; рабочим пространством; скоростью основных движений (поступательных и вращательных); грузоподъемностью; системой координат (декартова, цилиндрическая, сферическая); быстродействием захватных устройств, их типом [1].

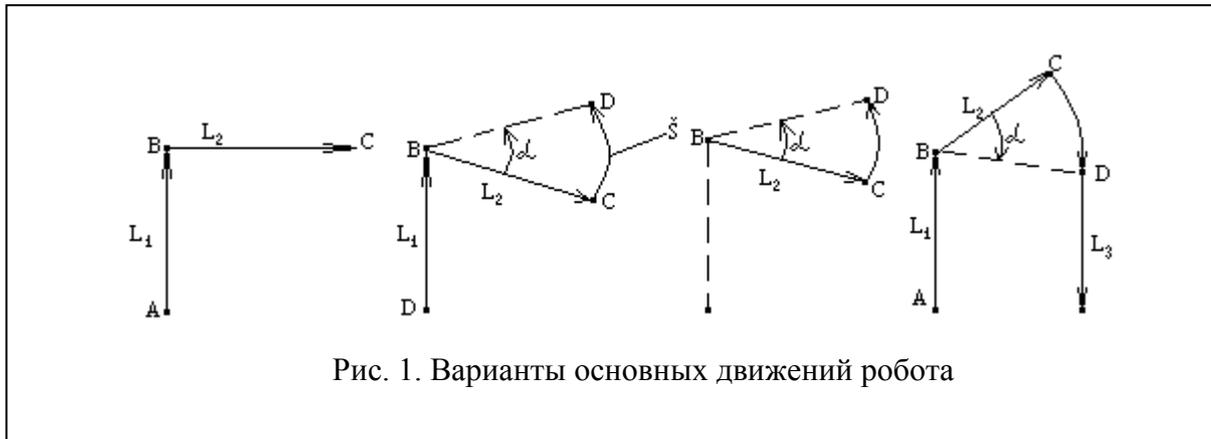
Роботизированный технологический комплекс будем представлять как технологическую систему при условии, что промышленный робот (ПР) является основным технологическим оборудованием: ПР – технологическая оснастка – присоединяемая деталь или базовая деталь [2]. Такая система обеспечивает автоматический цикл работы внутри комплекса и ее связь с входным и выходным потоками основного производства. Производительность технологического роботизированного комплекса, в основном, определяется производительностью робота, как основного технологического оборудования.

На производительность промышленного робота влияют количественные и качественные факторы: усилие сборки; масса присоединяемых деталей, масса захватов (что особенно важно в условиях серийного производства); скорость основных движений робота; принцип действия захватного устройства; конструктивно-технологические параметры изделия и деталей; построение технологического процесса сборки или отдельных сборочных операций; конструктивно-компоновочные варианты роботизированных технологических комплексов; порядок выполнения направленных движений рабочих органов промышленного робота.

Из приведенной ниже структуры циклового времени работы робота видно, что более 1/3 цикла затрачивается на перенос присоединяемой (базовой) детали из начального положения на позицию сборки (табл. 1).

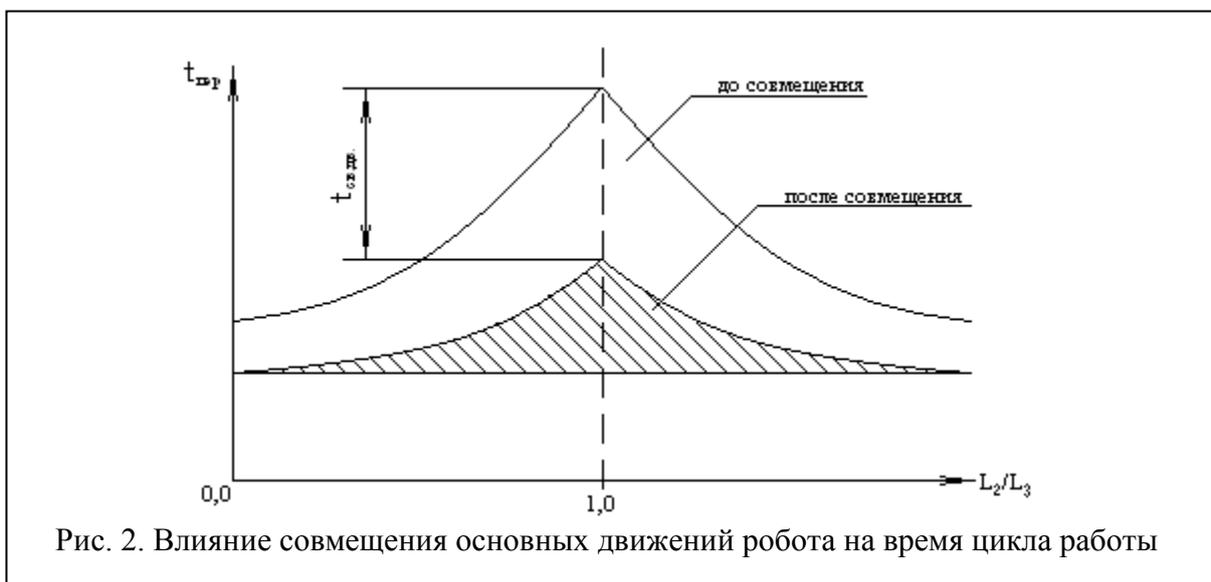
В качестве примера расчета выигрыша во времени при совмещении отдельных движений исполнительного органа промышленного робота,

рассмотрим совмещенное движение поступательного и вращательного движений (рис.1)



Влияние на продолжительность цикла совмещения движений рабочего органа робота показано на (рис. 2). Критерием выбора при совмещенных движениях является минимум затрат времени при заданных скоростях основных движений.

При этом учитываем, что повышение скорости ведет к росту погрешности позиционирования. Циклограммы работы робота при различных комбинациях движений руки робота с захватным устройством показали возможность существенного сокращения времени цикла за счет перекрытия рабочих и холостых ходов.



Установлено, что совмещением этих движений можно сократить штучное время на сборку на 25-30 %.

Критерием выбора при совмещенных движениях является минимум затрат времени при заданных линейной и угловой скоростях перемещения исполнительных органов робота. Кинематика движения захватного

устройства учитывается при определении времени цикла роботизированного комплекса через коэффициенты совмещения $K_{свх}$, $K_{свр}$ – холостых и рабочих ходов.

Таблица 1

Структура циклового времени работы робота в РТК

	Содержание перехода	Затраты времени, %
Рабочий ход	перенос сопрягаемых деталей, узлов (базовой и присоединяемой) из исходной позиции на сборочную; съём узла	35-40
	Установка (сопряжение) деталей, узлов	до 30
	Срабатывание захвата при захвате и разжиге детали (в зависимости от типа захватного устройства)	10-15
Обратный (холостой) ход	возврат рабочего органа с позиции сборки и съема узла в исходную позицию	до 25

Анализ цикла работы робота позволяет выделить пять основных этапов движения захватного устройства, как показано на рис. 3. Время одного рабочего цикла промышленного робота определяется по формуле

$$t_{цпр} = \sum_{i=1}^n (t_{ni} + t_{pi} + t_{ycmi} + t_{zi} + t_{oi}) + t_{зд} + t_{сб} + t_{в}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – количество основных этапов; $t_{ni}; t_{pi}; t_{ycmi}; t_{zi}; t_{oi}$ – время на срабатывание рабочего органа; $t_{зд}$ – время захвата детали; $t_{сб}$ – время сборки; $t_{в}$ – время высвобождения детали из захвата.

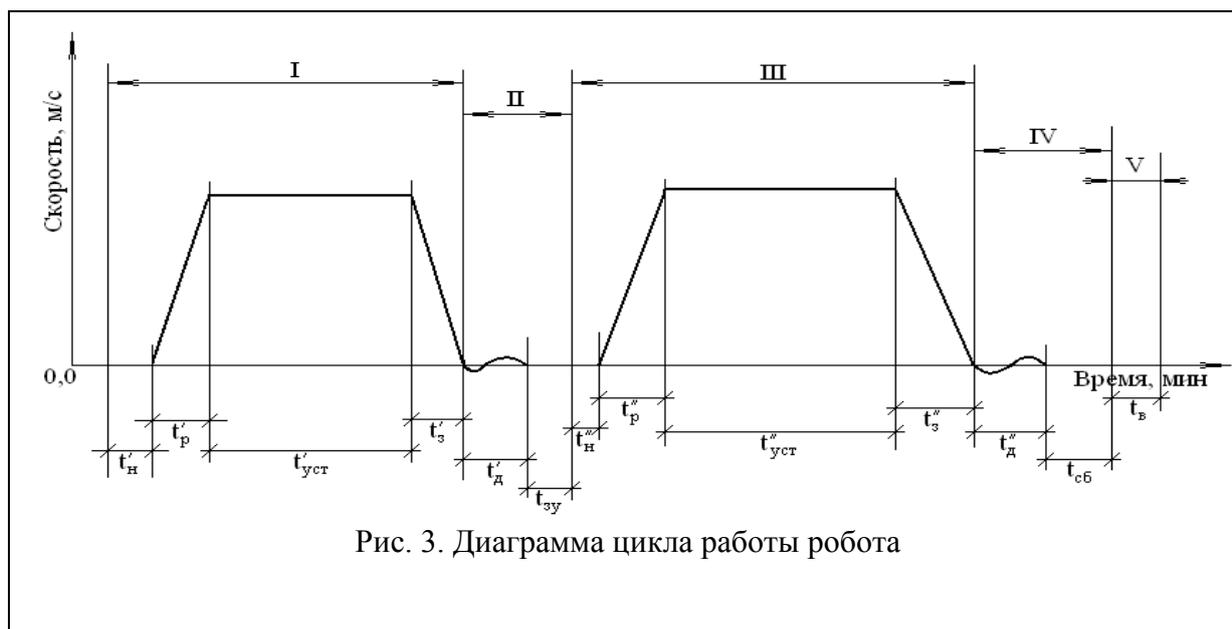


Рис. 3. Диаграмма цикла работы робота

Для выполнения той или иной операции роботом может выполняться один или несколько циклов, поэтому при определении производительности роботизированного технологического комплекса должно учитываться расположение технологического оборудования, систем управления, наличие различного вида препятствий на пути движущейся руки робота с захватом.

Разгон, торможение и дрейф исполнительного органа исключительно зависят от конструкции робота, типа привода, скоростных характеристик, наличия и типа демпфирующих устройств в конечных положениях исполнительного органа.

Точность позиционирования и быстродействия промышленного робота в значительной мере определяется параметрами вынужденных и собственных колебаний элементов его конструкции и времени затухания в виде дрейфа исполнительного органа. Величина t_0 зависит от жесткости конструкции робота, длины вылета исполнительного органа (руки) и приведенных масс.

При совмещении основных и вспомогательных ходов руки робота цикловое время работы робота можно определить как

$$T_{ц} = \frac{1}{t_{px} \cdot K_{св} + t_{xx} \cdot K_{св}}, \quad (2)$$

где t_{px} - время неперекрываемое основных ходов; t_{xx} - время неперекрываемое холостых ходов руки робота.

А производительность самого робота в этом случае можно рассчитать с учетом отказов, возникающих при работе в реальных условиях системы – ПР, по следующей формуле:

$$Q_{np} = \frac{1}{t_{px} \cdot K_{св} + t_{xx} \cdot K_{св} + K \cdot t_{yo}}, \quad (3)$$

где K – параметр, характеризующий поток отказов в системе – промышленный робот; t_{yo} - среднее время устранения отказов.

Согласно диаграмме работы робота, представленной на рисунке 3, при работе робота в роботизированном технологическом комплексе можно добиться еще более существенного совмещения отдельных элементов движения и переходов, выполняемых захватным органом робота и другими основными технологическими устройствами комплекса.

Как один из вариантов, предлагаем использовать групповые захватные устройства роботов для сокращения времени цикла сборки в роботизированных технологических комплексах на их основе.

Тогда время цикла при параллельной сборке узлов в серийном производстве определится по формуле

$$T_{цпр} = \frac{s}{m} \sum_{i=1}^n \left[\left(t_{ni} + t_{pi} + t_{ycmi} + t_{zi} + t_{di} \right) + t_{зд} + t_{сб} + t_{в} \right] + t_{пп} + \sum_{j=1}^a \cdot t_{yo}, \quad (4)$$

где s - количество узлов в партии; m - количество деталей, одновременно захватываемых захватным устройством робота; $i=1,2,\dots,n$ - количество этапов перемещений промышленного робота; $t_n, t_p, t_{ycm}, t_z, t_d$ - время на срабатывание исполнительного органа, разгона, установившегося движения, замедления, дрейфа рабочего органа руки робота; $t_{зд}$ - время захвата деталей; $t_{сб}$ - время установки на сборочную позицию; $t_{в}$ - время высвобождения захвата; $t_{пп}$ - время на перепрограммирование и переналадку захватного устройства; t_{yo} - время на устранение отказов; $j=1,2,\dots,a$ - количество отказов при работе с групповыми захватными устройствами.

Рассматривая фактор надежности элементов роботизированных технологических комплексов, следует выделить надежность таких его элементов как: накопительные устройства, подающие и ориентирующие устройства; сборочные роботы, сборочные приспособления и пр. В серийном производстве при частой смене объектов сборки одним из лимитирующих звеньев комплекса, с точки зрения безотказности их функционирования, выделен захватный орган промышленного робота. Необходимо не только учитывать безотказность работы, но и время восстановления работоспособности захватов, что непосредственно влияет на производительность роботизированного технологического комплекса.

Эффективность применения на сборке промышленных роботов определяется также структурой построения роботизированных сборочных операций; компоновкой роботизированных технологических комплексов; условиями производства, а также типами применяемых захватных устройств роботов.

Список литературы

1. **Козырев Ю.Г.** Промышленные роботы: Справочник. М.: Машиностроение, 1983.
2. **Проектирование** технологии автоматизированного машиностроения: Учебник. /Под ред Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 1999. – 416 с.