

4 ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ ЦИКЛОГРАММ

4.1 Основные понятия

Для наглядного описания работы и оптимизации рабочего цикла автоматизированных устройств и систем машин во времени составляются циклограммы, отражающие моменты начала и окончания работы отдельных устройств и механизмов или начала и окончания рабочих и холостых операций (ходов), а также их взаимного расположения во времени (цикле).

Циклограмма – это графическое изображение последовательности работы устройства или технической системы во времени. Весь цикл работы разбивается на такты. Тактами называются периоды, в течение которых в системе изменяется положение выходных элементов исполнительных устройств и механизмов. Каждое изменение состояния автоматизирующего устройства или системы является началом нового такта.

Циклограмма последовательности работы механизмов и узлов оборудования, входящего в состав технологического комплекса, является практически алгоритмом его работы и служит исходной информацией для создания систем управления всем участком. Главная особенность циклограмм последовательности состоит в том, что она не временная, а потактовая. Каждый такт циклограммы отражает новое наложение механизмов автоматической системы, при этом соблюдается строгая последовательность их срабатывания от такта к такту. Целью построения циклограмм является сокращение рабочего цикла путем максимального совмещения времени рабочих t_p и холостых t_x ходов основного и вспомогательного оборудования автоматизированной технологической системы. С помощью циклограммы можно координировать работу как отдельных узлов и механизмов станка или вспомогательного оборудования, так и совокуп-

ности станков и вспомогательного оборудования автоматизированной системы.

4.2 Описание работы автоматизирующих устройств с помощью циклограмм

Для автоматизации рабочего цикла машины следует применять механизмы рабочих и холостых ходов, а также устройства управления, автоматизирующие не только выполнение рабочих процессов, но и вспомогательных движений – загрузку заготовок и съём обработанных деталей, закрепление и освобождение их в процессе обработки, поворот, фиксацию, транспортирование и т.д. При автоматизации крупносерийного и массового производства изделий машиностроения широкое применение нашли автоматические линии, в которых функции транспортирования и загрузки-выгрузки разделены. Транспортно-загрузочные системы автоматических линий в общем случае могут компоноваться из следующих функциональных узлов: загрузочные устройства; транспортеры-распределители; подъемники; разгрузочные устройства; автооператоры.

Наиболее сложными и ответственными механизмами являются механизмы автоматической загрузки-выгрузки деталей – автооператоры. Автооператорами называются механизмы для автоматической загрузки-выгрузки ориентированных деталей (например, тел вращения), их съема после обработки и удаления из рабочей зоны. В соответствии со своим целевым назначением автооператор в общем виде должен выполнять следующие элементарные функции: отделить одну или несколько заготовок от общего потока; подать заготовку соосно шпинделю станка-автомата; вставить заготовку в зажимное устройство станка; снять обработанную деталь со шпинделя; удалить деталь из рабочей зоны.

В качестве примера рассмотрим автооператор, имеющий два питателя с закрытыми захватами (рисунок 4.1).

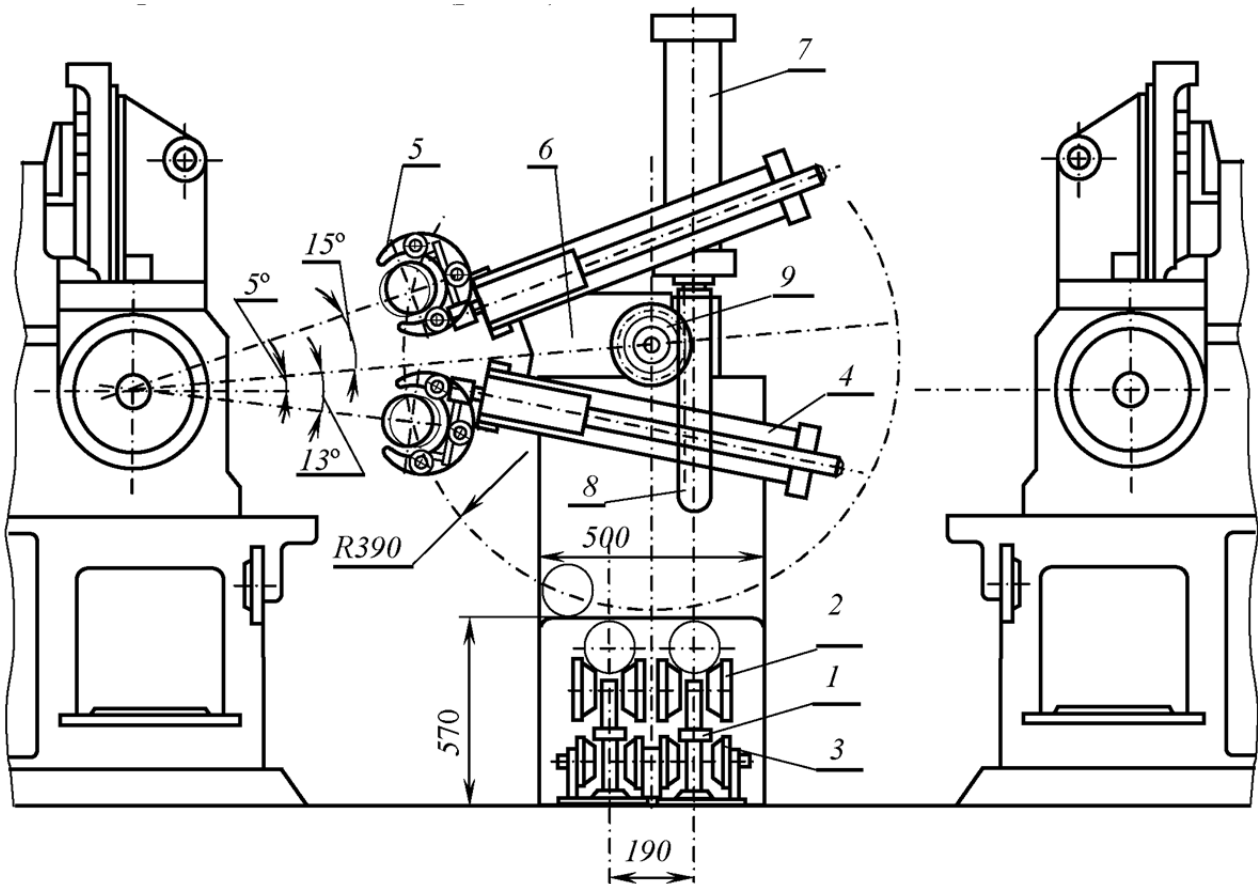


Рисунок 4.1 – Конструктивная схема автооператора с двумя питателями и закрытыми захватами

Транспортная система автоматической линии для токарной обработки валов и осей имеет два ручья. Один ручей предназначен для транспортирования заготовок, другой – обработанных деталей. На следующей операции назначение ручьев меняется. Деталь перемещается штангой 1 с роликами 2. Опорой штанги служат ролики 3. На каркасе конвейера укреплены рычаги, которые имеют только односторонний поворот. Они пропускают детали при движении вперед, но задерживают их при движении штанги назад.

Автооператор имеет два питателя - один для загрузки заготовок, другой для выгрузки обработанных деталей. В зависимости от назначения ручьев конвейера каждый питатель может использоваться как для загрузки, так и для выгрузки. Питатели автооператора имеют гидроцилиндры 4, на концах штоков которых закреплены подпружиненные захваты 5. Оба питателя установлены на корпусе 6. Корпус 6 вместе с питателями может поворачиваться вокруг гори-

зонтальной оси от гидроцилиндра 7 со штоком-рейкой 8 через реечное колесо 9.

Данный автооператор можно использовать как для отдельно работающих станков, так и для одновременного обслуживания двух станков, установленных напротив друг друга, а также при компоновке автоматических линий с различным расположением станков. Автооператор можно быстро переналадить для загрузки других деталей; в этом случае необходимо сменить губки захватов и переставить упоры конечных датчиков положения исполнительных элементов.

В исходном положении во время обработки детали питатели находятся против зоны обработки станка. В захватах питателя загрузки находится новая заготовка, а захваты питателя выгрузки пустые. После окончания обработки питатель выгрузки движется вперед, его губки охватывают заготовку и зажимают ее. Патрон станка разжимается, центры разводятся, питатель перемещается назад и останавливается. Питатель загрузки с заготовкой в захвате перемещается вперед и устанавливает ее соосно с центрами станка. После свода центров и зажатия заготовки в патроне станка питатель загрузки отходит назад. Станок начинает обработку новой детали. Корпус автооператора поворачивается, и питатели устанавливаются против транспортера. Питатель загрузки опускается, захватывает новую заготовку и поднимается в исходное положение. Питатель выгрузки опускается, устанавливает обработанную деталь во второй ручей транспортера и поднимается. Корпус автооператора поворачивается вверх и устанавливает питатели в исходное положение против зоны обработки станка. После окончания обработки детали на станке цикл работы автооператора повторяется. Несовмещенное время работы автооператора T_H невелико: оно составляет 8-10 с при средней скорости движения питателей от 0,2 до 0,25 м/с; это – время, расходуемое непосредственно на выгрузку и загрузку обрабатываемых деталей. Время T_C , расходуемое на поворот автооператора, выгрузку обработанной детали и захват новой заготовки с транспортера, совмещается со временем работы станка.

Циклограмма работы автооператора показана на рисунке 4.2.

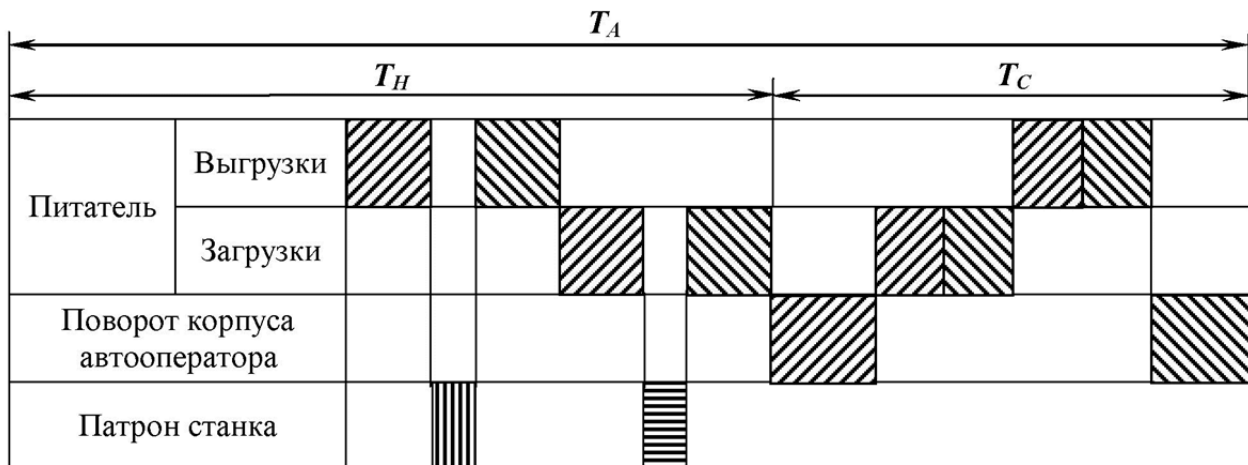


Рисунок 4.2 – Циклограмма работы автооператора с двумя питателями

Последовательность работы автооператора, обслуживающего два параллельно работающих станка, следующая:

1. Захваты повернуты по направлению к транспортеру. Один из захватов опускается и принимает заготовку. После этого он идет вверх, а второй захват на другой ручей транспортера ставит деталь, уже обработанную на данной операции.

2. Захваты повернуты к одному из станков. После окончания обработки станок останавливается, и свободный захват принимает деталь. Затем верхний захват подает в рабочую зону станка новую заготовку.

3. Загрузив станок, захваты снова поворачиваются к транспортеру, оставляют на нем полуфабрикаты и захватывают следующие заготовки; если к этому времени закончил работу второй станок, они поворачиваются к нему и производят замену деталей. После этого цикл повторяется. В этом случае, когда два станка, обслуживаемые одним автооператором, выполняют разные операции, захваты минуя конвейер, поворачиваются к станку, выполняющему следующую операцию. Получив с этого станка обработанную деталь, они ставят ее на транспортер, а с него принимают новую заготовку.

4.3 Методика построения циклограммы функционирования роботизированного технологического комплекса

Применительно к роботизированным технологическим комплексам (РТК) циклограмма должна включать в себя в выбранной последовательности все основные и вспомогательные операции (переходы) изготовления изделия, а также условные операции (переходы) для возможных изменений технологического маршрута. Для построения циклограммы функционирования РТК необходимо:

1) проанализировать компоновку РТК и определить все движения (переходы) исполнительных устройств основного и вспомогательного оборудования (станка, робота, накопителя), необходимые для выполнения заданного цикла обработки детали;

2) определить и составить перечень всех механизмов основного и вспомогательного оборудования, участвующих в формировании заданного цикла;

3) задать исходные положения исполнительных устройств механизмов станка, робота, транспортера-накопителя и т.д.

4) составить последовательность движений исполнительных устройств оборудования (механизмов) за цикл в виде таблицы;

5) определить время t_i выполнения каждого движения исполнительных устройств, используя формулы:

$$t_i = \frac{\alpha_i}{\omega_i} \text{ или } t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (1)$$

где α_i – соответствующие углы поворота исполнительных устройств механизмов, °; l_i – линейные перемещения исполнительных устройств механизмов, мм; ω_i , v_i – соответственно паспортные скорости углового, °/с, и линейного, мм/с, перемещения исполнительных устройств механизмов по соответствующей координате.

Применение методики построения циклограммы рассмотрим на примере однопозиционного РТК для токарной обработки (рисунок 4.3).

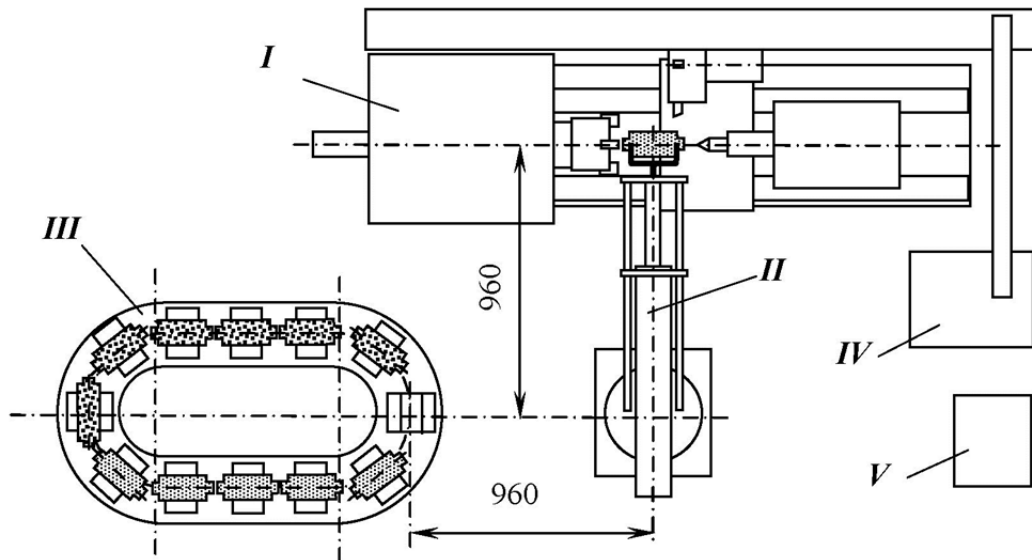


Рис. 3. Компоновка роботизированного технологического комплекса:

I - токарно-патронный полуавтомат; II - промышленный робот; III - тактовый стол; IV - устройство управления станком; V - устройство управления роботом

Однопозиционный РТК на базе токарно-патронного полуавтомата с числовым программным управлением модели 16К20Ф3 служит для обработки деталей типа валов (D до 120 мм; L до 500 мм; m до 10 кг) и фланцев (D до 150 мм; L до 110 мм; m до 5 кг). Загрузка-разгрузка и переустановка деталей выполняется однозахватным промышленным роботом (ПР) модели М20П40.01, имеющим следующие параметры: грузоподъемность - 20 кг; вертикальный ход - 500 мм; горизонтальный ход - 1100 мм; поворот - 300° ; скорость линейная - до 1,0 м/с; скорость угловая - $120^\circ/\text{с}$; погрешность позиционирования - ± 1 мм.

В состав РТК также входит горизонтальный магазин-накопитель замкнутого типа (тактовый стол) для деталей и заготовок вместимостью 1224 заготовки. Команду на пуск станка подает ПР.

На рисунке 4.4 показана схема построения типового алгоритма управления однопозиционным РТК.

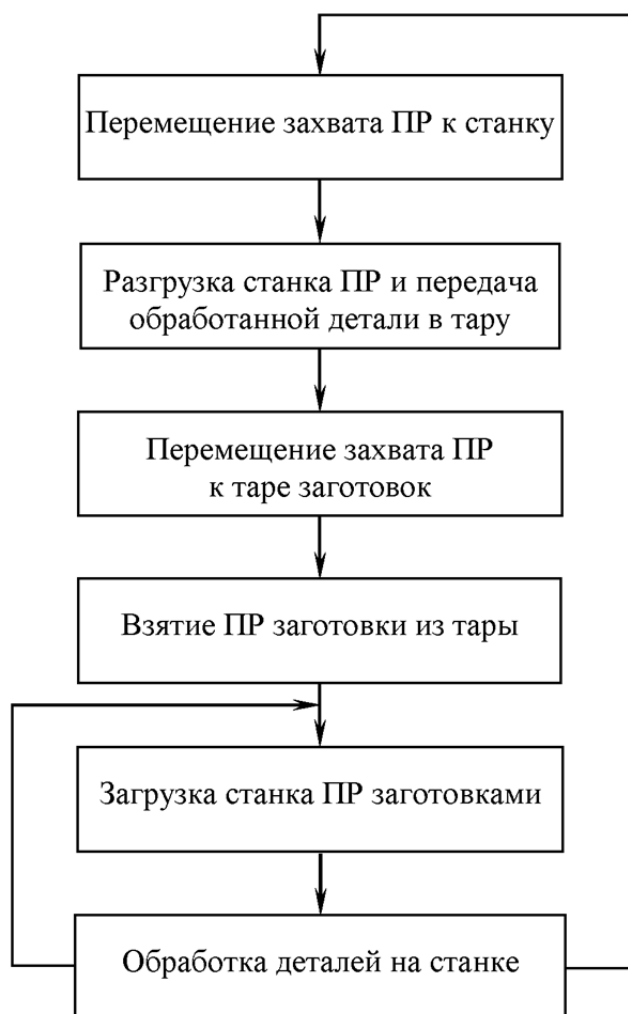


Рисунок 4.4. Схема построения типового алгоритма управления
однопозиционным РТК

Для выполнения заданного цикла обработки детали за два установка необходимы следующие движения (переходы):

- загрузка заготовки в патрон станка;
- зажим заготовки в патроне;
- отвод руки промышленного робота;
- обработка детали (установ 1);
- переустановка детали в патроне станка, отвод руки робота;
- обработка детали (установ 2);
- разгрузка детали из патрона станка на тактовый стол, перемещение тактового стола на один шаг (на одну позицию).

В формировании заданного цикла участвуют соответствующие меха-

низмы, в том числе следующие:

- механизмы станка для обеспечения зажима детали (патрон), вращения детали, подачи суппорта, поворота резцовой головки, перемещения ограждения;

- механизмы промышленного робота для подъема руки, поворота руки относительно вертикальной оси, выдвижения руки, зажима захвата, ротации захвата относительно горизонтальной оси, поворота захвата относительно вертикальной оси;

- механизмы тактового стола для перемещения детали (заготовки) на один шаг (дну позицию).

В исходном положении оборудования и его механизмов:

- патрон станка разжат, ограждение открыто;

- суппорт в нулевой (исходной) позиции, в резцовой головке установлен необходимый комплект инструментов для обработки заданной детали, т. е. для выполнения заданного цикла обработки, линия центров станка выше уровня расположения заготовок на тактовом столе;

- захват (рука) робота разжат; ось детали первоначально зажимаемой в захвате, ориентирована горизонтально; рука втянута и повернута к тактовому столу; захват находится на уровне расположения заготовок на тактовом столе; заготовка расположена на тактовом столе в призмах против захвата промышленного робота.

Для построения циклограммы функционирования РТК необходимо рассчитать затраты времени на выполнение отдельных элементов цикла обработки детали. Расчеты целесообразно свести в таблицу.

В соответствии с последовательностью движений механизмов оборудования РТК за цикл обработки детали за два установа заготовки построена циклограмма его функционирования (рисунок 4.5).

Расчет времени элементов цикла работы РТК:

№ п/п	Оборудование	Движение (операция)	Элемент операции	Расчетная формула	Расчетное время, с
1	2	3	4	5	6
1	Промышленный робот	Загрузка заготовки:	Выдвижение руки	$t = l_1/v_1$	$t = 0,96/0,4 = 2,4$
2			Захват заготовки	–	$t = 0,2$
3			Подъем руки	$t = l_2/v_2$	$t = 0,4/0,5 = 0,8$
4			Возврат руки	$t = l_1/v_1$	$t = 0,96/0,4 = 2,4$
5			Поворот руки	$t = \alpha_1/\omega_1$	$t = 90/120 = 0,75$
6			Выдвижение руки	$t = l_3/v_1$	$t = 0,96/0,4 = 2,4$
7			Разжим заготовки	–	$t = 0,2$
8			$t_{\Sigma} = \sum t_i$		
9		Отвод руки из зоны обработки		$t = l_4/v_1$	$t = 0,36/0,4 = 0,9$
10		Подвод руки в зону обработки		$t = l_4/v_1$	$t = 0,36/0,4 = 0,9$
11	Промышленный робот	Переустановка заготовки	Захват детали	–	$t = 0,2$
12			Ротация захвата	$t = \alpha_2/\omega_2$	$t = 180/120 = 1,5$
13			Разжим детали	–	$t = 0,2$
14			$t_{\Sigma} = \sum t_i$		
15		Разгрузка детали	Захват детали	–	$t = 0,2$
16			Возврат руки	$t = l_3/v_1$	$t = 0,96/0,4 = 2,4$
17			Поворот руки	$t = \alpha_1/\omega_1$	$t = 90/120 = 0,75$
18			Выдвижение руки	$t = l_1/v_1$	$t = 0,96/0,4 = 2,4$
19			Опускание руки	$t = l_2/v_2$	$t = 0,4/0,5 = 0,8$
20			Разжим детали	–	$t = 0,2$
21	$t_{\Sigma} = \sum t_i$			$t_{\Sigma} = 6,75$	
22	Станок	Зажим заготовки в патроне		–	1,8
23		Разжим заготовки в патроне		–	1,5
24		Обработка (1-й установ)		–	65
25		Обработка (2-й установ)		–	72
26		Перемещение заграждения		$t = l_4/v_3$	$t = 0,6/0,5 = 1,2$
27		$t_{\Sigma} = \sum t_i$			$t_{\Sigma} = 147,2$
28	Тактовый стол	Поворот на одну позицию		–	2,5

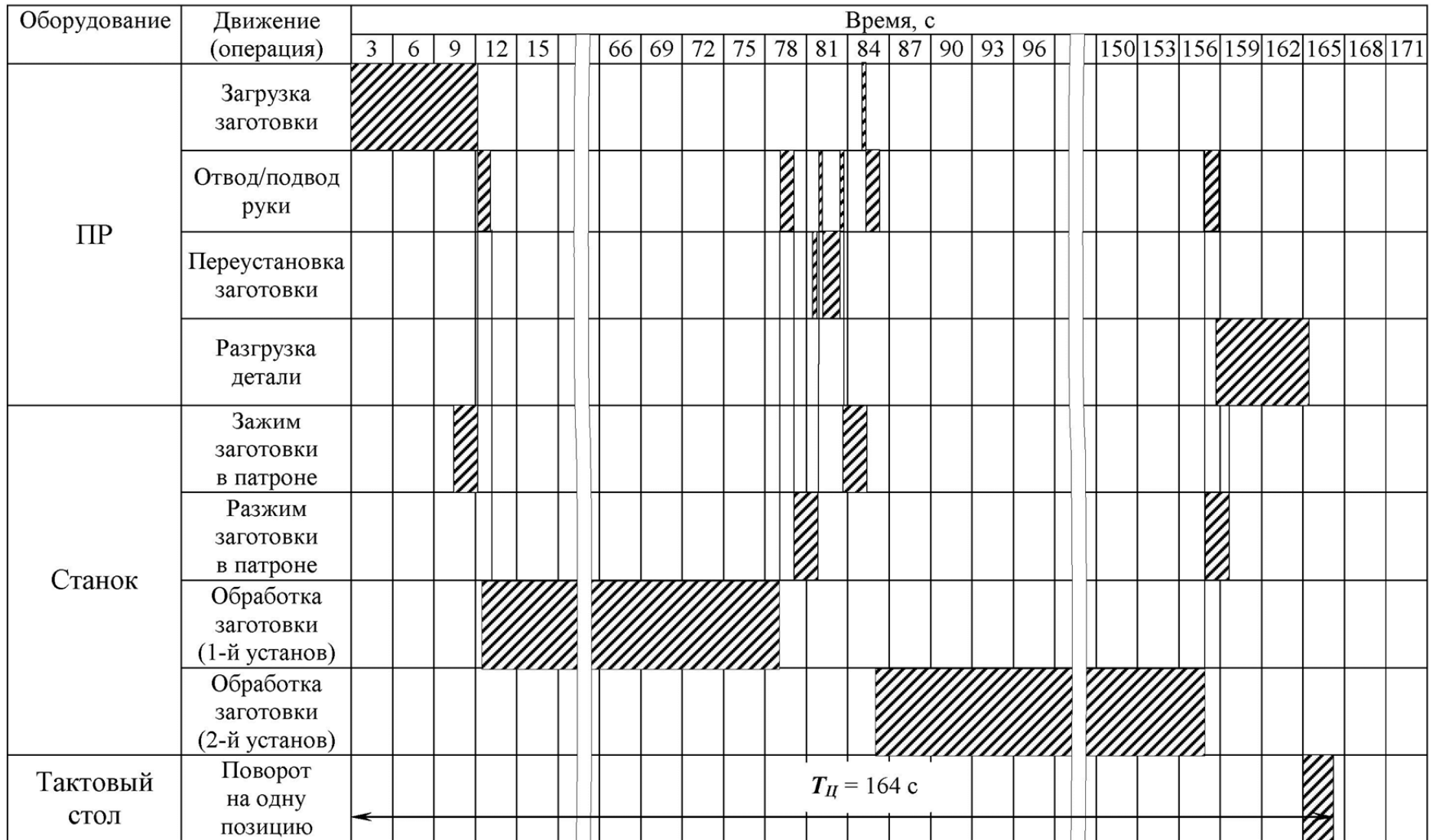


Рис. 5. Циклограмма функционирования однопозиционного РТК

4.4 Вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется подача и закрепление заготовок в станках?
2. Чем обеспечивается механизация установочных и размерных перемещений рабочих органов станка?
3. Чем отличаются промышленные роботы от автооператоров?
4. Преимущества и недостатки транспортных роботов.
5. Какие условия учитываются при выборе промышленных роботов?
6. В чем заключается методика построения циклограмм функционирования роботов и роботизированных комплексов?
7. Как определяется время выполнения каждого движения исполнительных устройств автоматизированных механизмов?
8. Из каких элементов состоит типовой алгоритм управления однопозиционным робототехническим комплексом?
9. Какие механизмы участвуют в формировании заданного цикла робототехнического комплекса?