

РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 621.6

А.Н. Шелковой, д-р техн. наук

А.Р. Рузметов, инженер

М.Е. Свидзинская, ведущий инженер

Д.В. Феденюк, инженер

Национальный технический институт «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

В статье описана модель формирования траектории перемещения рабочего в ходе выполнения технологической операции. Описана методика ее реализации.

Ключевые слова: технологический процесс, имитационная модель, траектория перемещения человека, нормирование.

У статті описана модель формування траєкторії переміщення робітника в ході виконання технологічної операції. Описана методика її реалізації.

Ключові слова: технологічний процес, імітаційна модель, траєкторія переміщення людини, нормування.

In the article the model of forming of trajectory of moving of worker is described during implementation of technological operation. Methodology of her realization is described.

Key words: technological process, simulation model, trajectory of moving of man, setting of norms.

Анализ области исследования. При реализации технологического перехода значительная часть вспомогательного времени, времени организационного, технического обслуживания, особенно при многостаночном обслуживании, уходит на длинные пространственные перемещения с грузом и без него. В связи с этим, в качестве одного из основных критериев может выступать длина траектории перемещения (LTR). При этом, на вид траектории перемещения или, вообще, на возможность его реализации влияет перемещаемый габарит. Это может быть как габарит самого рабочего (антропометрические особенности), так и объединение габаритов рабочего и перемещаемого груза (технологической оснастки, деталей, тары и т. д.) Соответственно, перемещаемый груз может быть:

- Незначительный, когда $a_{\text{груза}} < a_{\text{раб}}$. В этом случае можно принять, что (рис. 1, а):

$$G = a_{\text{раб}} \leq \min(r_1) . \quad (1)$$

- Крупногабаритный $a_{\text{груза}} > a_{\text{раб}}$. В этом случае можно принять, что (рис. 1, б):

$$G = a_{\text{раб}} \cup (a_{\text{груза}} \times b_{\text{груза}}) = \min(r_1) . \quad (2)$$

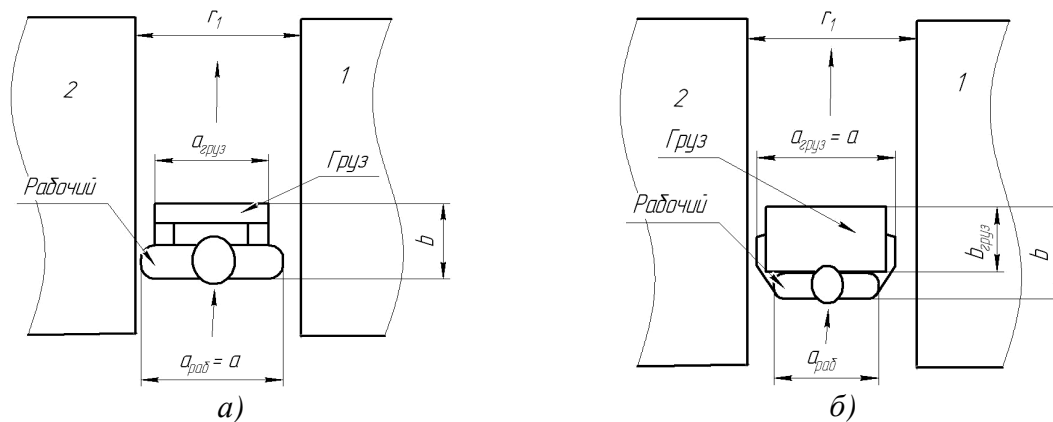


Рис. 1. Положения человека в процессе транспортирования груза

- Длинномерный, когда $b_{\text{груза}} \gg a_{\text{раб}}$, $G = a_{\text{раб}} \cup (a_{\text{груза}} \times b_{\text{груза}})$, но при этом соответствие между перемещаемым габаритом и минимально возможной пропускной спо-

способностью объектных массивов рабочего места (оборудование, стеллажи, производственная мебель и т. д.) имеет несколько более усложненную зависимость. В ней, в связи с ситуациями, проиллюстрированными на рис. 2, а, необходимо учесть как общие габаритные параметры (G), так и комплекс расстояний между преградами (1 и 2), т. е. с.

Раскрывая эту зависимость, нужно выявить некоторые геометрические закономерности характерные для подобных случаев, для чего более подробно рассмотрим схему продвижения габарита между преградами.

Постановка задачи исследования. В продвижении рабочего с грузом по пространственному коридору определяющей будет ситуация, изображенная на рис. 2, б, геометрический смысл которой заключен в соотношениях треугольника ΔBCD . Где сторона BD соответствует ширине коридора r_1 , сторона BC – длине габарита b , а высота треугольника – ширине коридора r_2 .

$$S = \frac{\min(r_2)}{2} \cdot \min(r_1) = \frac{b}{2} \cdot a. \quad (3)$$

Ширину коридора r_2 лучше учитывать в глубине, на длине равной b , потому как он может сужаться, что в радиусе поворота может привести к невозможности дальнейшего движения.

Первый критичный параметр r_1 обязательно должен быть больше a , т. е. $a \leq \min(r_1)$.

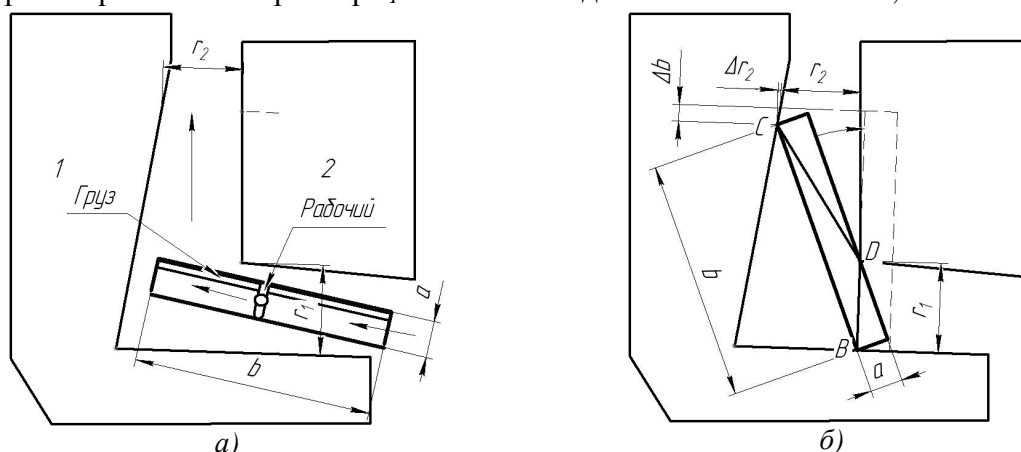


Рис. 2. Модель пространственного перемещения человека

Т. к. $a \leq \min(r_1)$, то

$$\min(r_2) \geq \frac{b}{a \cdot \min(r_1)}; \quad (4)$$

Далее, следуя логике замещения меньшей величины:

$$\begin{cases} G \leftarrow \min(r_1) & \text{if } \min(r_1) \geq \min(r_2) \\ G \leftarrow \min(r_2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Для упрощения задачи поиска оптимального маршрута, на область поиска (на плане рабочего места) накладывается сетка, размер ячейки которой соответствует значению G (рис. 3, а).

Если множества ячеек, которые занимают объекты такого дискретного пространства расположены непосредственно, то они объединяются в единый массив ячеек – «склеиваются» (рис. 3, б), что позволяет сократить число объектов до минимально необходимого.

Математическая модель формирования маршрута перемещения человек в 2-х мерном пространстве.

Формализация элементов области решения. Множеством элементов, которые могут составить возможные маршруты является множество ячеек сети, которые не соответ-

вуют, специально помеченным, занятым областям. Как правило, это массивы, соответствующие прямым Брайзенхема [4] и фрагментам эквидистант.

Так как минимальным расстоянием до цели является прямая линия, то любое отклонение от неё снижает ценность выбранного маршрута. Если учитывать ещё и направление перемещения, то речь должна идти о целевом векторе: $\begin{pmatrix} \text{initial position (IP)} \\ \text{target position (TP)} \end{pmatrix}$.

Наличие сквозных пересечений этим вектором эквидистант объектных массивов говорит о необходимости наличия отклонений в траектории перемещений (рис. 3, в).

Но, сама по себе, абсолютная величина максимального отклонения, далеко не во всех случаях, может быть достаточным критерием выбора лучшего маршрута, так как имеют место ситуации, когда области объектных массивов выходят за пределы проекций целевого вектора (рис. 3, з).

Поэтому, более целесообразным было бы ориентироваться на максимальную сумму длин сторон треугольника ($\Delta IT V_1 TP$ или $\Delta IT V_2 TP$), построенного на ячейках целевого вектора и максимального отклонения эквидистанты по выбранному, согласно критерия, направлению её обхода. На примере ситуации из рис. 3, з, для несложных контуров, очевиден выбор маршрута через ячейку V_1 , а не V_2 .

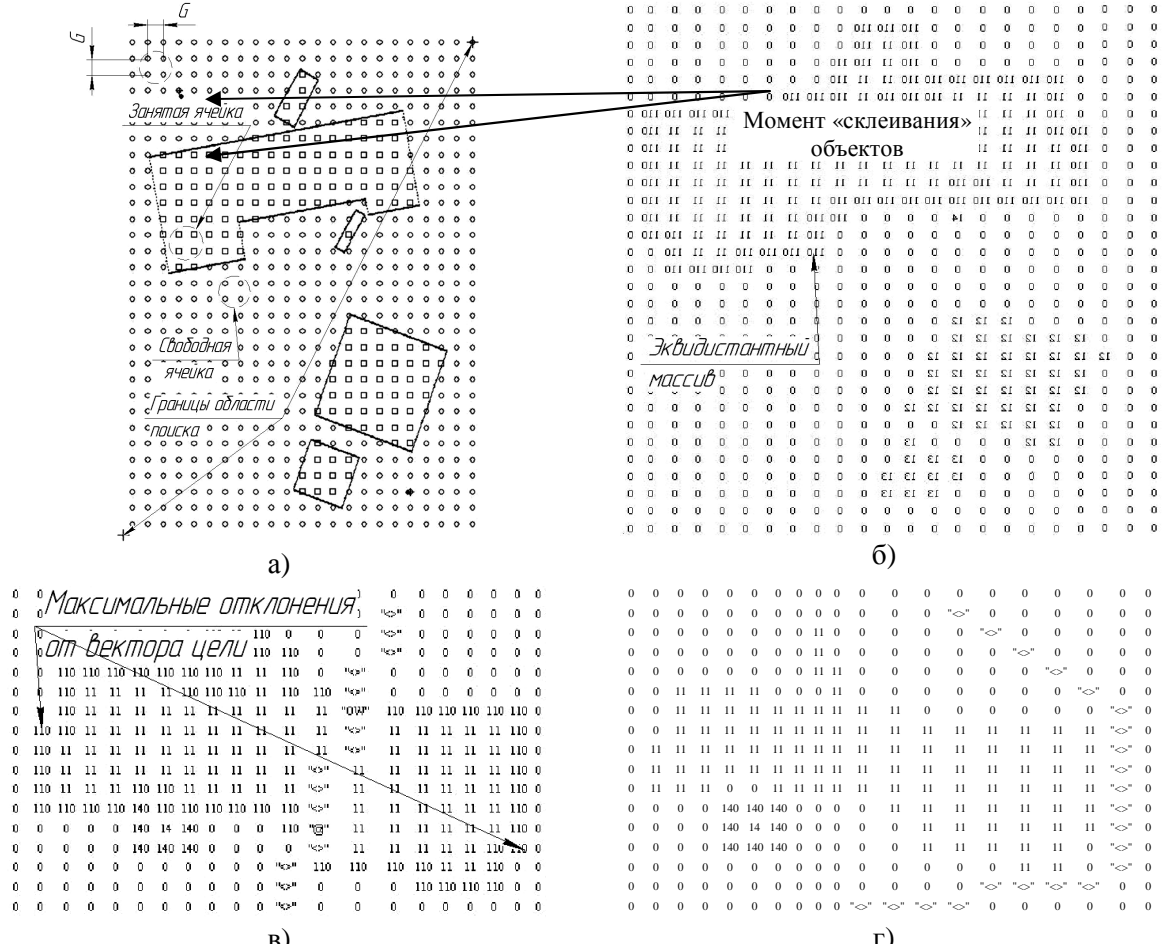


Рис. 3. Схема поля пространственного перемещения человека

В ситуациях, с числом контуров большим, чем 1, для определения приоритета того или иного варианта маршрута, предлагается использовать сумму расстояний между найденными, по выше указанному методу, ячейками эквидистант. Таким образом, если с одной стороны целевого вектора представлены большая по одному из контуров и ме-

нышая по другому, то прямо противоположная ситуация с другой его стороны (рис. 4). При этом появляется возможность в противовес варианту маршрута 1: $(IP - V_2^1 - V_2^2 - TP)$, выбрать вариант 3: $(IP - V_1^1 - V_2^2 - TP)$.

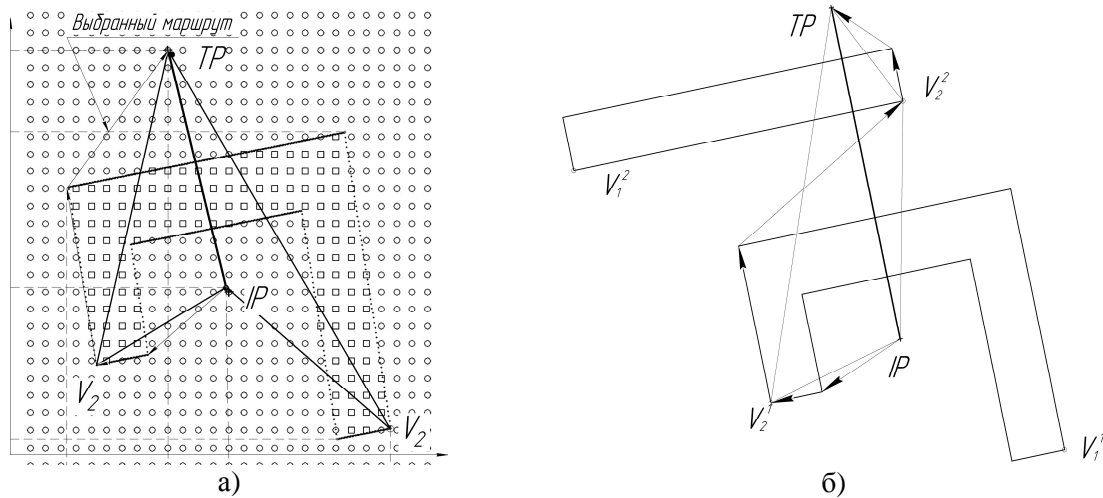


Рис. 4. Модели траекторий пространственного перемещения человека

Представление алгоритма оптимизации трассы перемещения человека. Использование данного метода требует постоянного пересмотра условий обхода контуров, так как однократное построение целевого вектора не может выдать всего набора препятствий, поэтому целевой вектор предлагается строить, как минимум, по достижении каждой выбранной ячейки.

Оперуемые объекты:

1. Матрица $MX \left(i = 0 \dots \frac{|max Y - min Y|}{Gabaret}; j = 0 \dots \frac{|max X - min X|}{Gabaret} \right)$ дискретного про-

странства, включающая в себя обозначение занятых объектами областей (номера, соответствующих их номеру в массиве объектов) и их дискретных эквидистант номерами: № объекта $\times 10$.

2. Параметры целевого вектора $ZV = \begin{pmatrix} i_{IP} & j_{IP} \\ i_{TP} & j_{TP} \end{pmatrix}$, где IP и TP – индексы-

обозначения начальной и целевой координат в дискретном пространстве соответственно

Средства:

1. Функция построения дискретной прямой (метод Брайзенхема) $DLine(ZV, MX, 0)$.
2. Функция определения координаты выхода из пересекаемой дискретной прямой области размещения объектов $DLine(ZV, MX, 1)$.
3. Функция обнаружения занятой области дискретной прямой $DLine(ZV, MX, 2)$.
4. Процедура $P(MX, u)$ следования по дискретному контуру в определенном направлении (встроена в основную программу), u – идентификатор направления ($u=0..1$).
5. Определение суммы длин сторон треугольника $Treg(MX, ZV, V)$, где

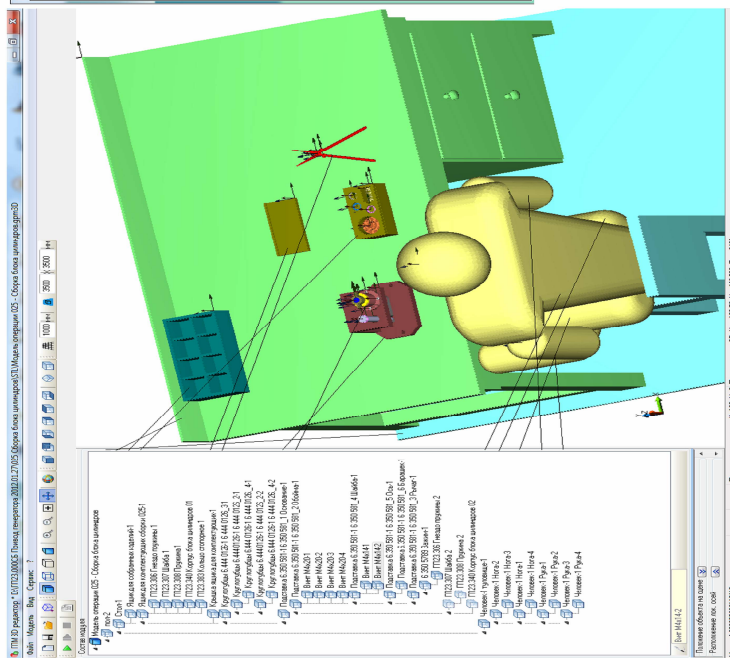
$$V = \left[\begin{pmatrix} V_1^{o1} \\ V_2^{o1} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} V_1^{o2} \\ V_2^{o2} \end{pmatrix} \right], \begin{pmatrix} V_1^{o1} \\ V_2^{o1} \end{pmatrix} - \text{координаты ячейки, принадлежащей эквидистанте, } o_1, o_2 -$$

номер в списке объектов рабочего места.

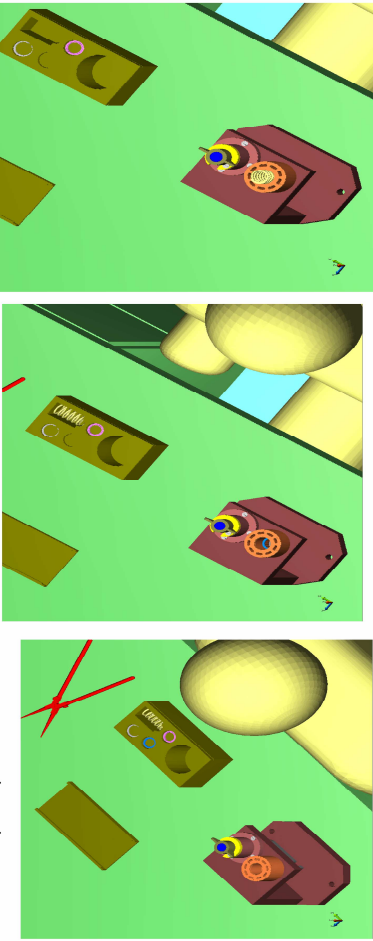
Формат результата:

Линейный массив $TR(i=0..n; j=0..1)$, где n – количество дискретных координат (i, j) построенной траектории.

Робоче місце перед початком складання вузлу "Блок циліндрів"



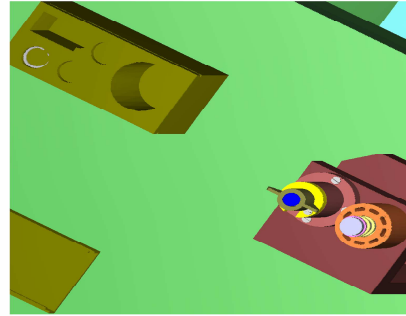
Етапи складання вузлу "Блок циліндрів" та програма моделювання GRM 3D



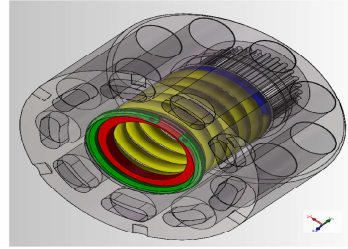
1. Встановлення корпусу блоку циліндрів до пристосування

2. Встановлення шайби до корпусу блоку циліндрів

3. Встановлення пружини до корпусу



4. Встановлення само пружини, затиск пружини у пристосуванні



5. Встановлення кільця статорного до корпусу блоку циліндрів

Рис. 5. Пример имитационного моделирования технологического процесса сборки узла «Блок цилиндров» в системе GPS 3D

Апробация метода в ряде условных рабочих сред.

Представленная выше модель реализована в виде программного комплекса имитационного 3D моделирования механосборочных систем "GPS 3D".

Она позволяет:

- сформировать модель производственной систем различного уровня иерархии (от рабочего места до цеха);
- проанализировать основные параметры механосборочной системы: уровень загрузки, затраты энергии, материальные затраты;
- оценить эффективность эксплуатации производственной системы по параметрам производительности и себестоимости обработки;
- синтезировать различные организационные структуры производственной системы;
- нормировать технологические операции.

Выводы:

- как показал анализ производственного цикла, формирование траектории движения элементов модели реального объекта моделирования является наиболее сложным и трудоемким этапом ее подготовки;
- одним из путей решения этой проблемы является создание модели выбора оптимальной траектории движения объекта моделирования на основе учета опорных точек движения и габаритов движущегося объекта;
- сформирована модель точного определения минимальной траектории обхода массива объектов рабочего места (оборудования, производственной мебели, мест складирования и т. д.);
- в качестве реализации предложенного подхода разработана систем 3D моделирования механосборочного производства.

Список использованных источников

1. Шелковой А. Н. Конструкторско-технологическая подготовка обработки деталей типа «Кронштейн» на обрабатывающем центре VA 500 методами имитационного моделирования / А. Н. Шелковой, И. В. Ковалева // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": збірка наукових праць. Тематичний випуск "Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 41. – С. 111-127.
2. Шелковой А. Н. Опыт инжиниринга высокоточной продукции / А. Н. Шелковой, В. А. Фадеев, Ю. Г. Гуцаленко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. прац. Вип. 2. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2008. – С. 118-122.

УДК 331.45:621.791.75

Н.М. Денисова, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ДІЛЬНИЦЬ

На основі аналізу санітарно-гігієнічних умов праці зварників наведено комплекс сучасних рішень щодо зниження забрудненості повітря робочої зони, що полягає у використанні організаційно-технічних методів та засобів вентиляції.

Ключові слова: забрудненість повітря робочої зони, зварювальні роботи, методи захисту працівників.

На основании исследований санитарно-гигиенических условий труда приведен комплекс современных решений по снижению загрязненности воздуха рабочей зоны, который включает организационно-технические методы и средства общей и местной вентиляции.

Ключевые слова: загрязненность воздуха рабочей зоны, сварочные работы, методы защиты работников.

Based on the analysis of sanitary - hygienic conditions welders are complex modern solutions to reduce air pollution work area that is to use organizational - technical methods and means of ventilation.

Key words: contamination of workplace air, welding, means to protect workers.

Постановка проблеми. Одним із основних технологічних процесів у машинобудівній промисловості є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що харак-