

УДК 621.865.8

С. П. ШИШОВ

А. А. СТАЦЕНКО, канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ И ЧЕЛОВЕКА

Аннотация

Рассмотрены существующие исследования, проводимые в области увеличения эффективности взаимодействия человека с коллаборативными роботами, а также предложена новая модель системы обеспечения безопасности и повышения производительности труда при работе людей с роботами. Изложен принцип работы данной системы, составлена блок-схема алгоритма ее функционирования. Описаны перспективы работы в данном направлении.

Ключевые слова:

коллаборативные роботы, кобот, траектория движения, навигация и предсказание, распознавание, повышение безопасности, повышение производительности.

Все более частое применение коллаборативных роботов – таких, которые предназначены для совместной работы с человеком в одном рабочем пространстве, обусловлено возможностью повышения эффективности производства, улучшения качества изделий, снижения травматизма и создания более гибкой производственной среды.

В [1] рассматриваются примеры такого взаимодействия в автомобилестроении, электронике, металлообработке и других областях производства. Вместе с тем подчеркиваются и препятствия, возникающие в процессе внедрения такого сотрудничества: вопросы безопасности и защиты жизни и здоровья человека, необходимость разработки специфического программного обеспечения и рабочих алгоритмов, а также адаптации рабочей среды для взаимодействия человека и робота.

Существующие в настоящий момент системы безопасности коллаборативных роботов, или же коботов, требования к которым закреплены в различных нормативных документах, таких как, например, ISO/TS 15066:2016, предполагают либо методы ручного управления и остановки робота при возникновении внештатной ситуации, либо прекращение его работы за счет контроля скорости, мощности и создаваемого усилия, когда при превышении определенных показателей робот останавливается.

Тем временем существуют и другие методы улучшения качества безопасности и производительности взаимодействия «человек – машина» на основе визуального распознавания образов с применением, например, камер технического зрения и датчиков расстояния.

Способ совершенствования алгоритмов безопасности, предусмотренных вышеописанными стандартами, связанными с физическим взаимодействием робота и человека, предлагается в [2]. И хотя данная работа предполагает необходимость контактного взаимодействия человека и робота, что несколько

сужает область ее применения, подход к построению динамических моделей человека и робота может быть применен гораздо шире – не только в вопросе безопасного взаимодействия, но и для реализации задачи избегания столкновений. Пример такой модели представлен на рис. 1.

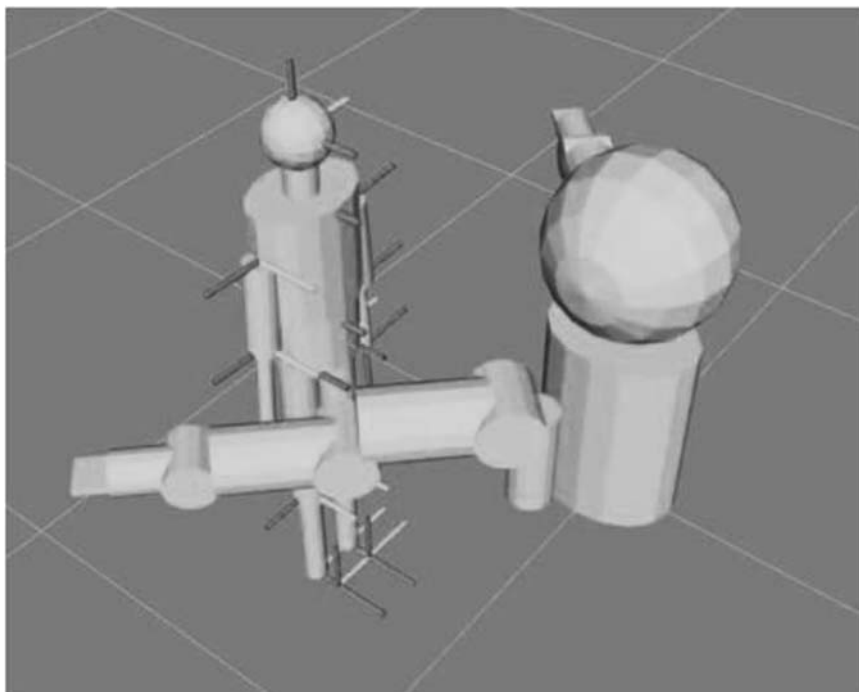


Рис. 1. Кибернетическая динамическая модель системы «человек – робот»

В [3] рассматриваются вопросы распознавания коллаборативными роботами жестов человека, а также оборудования, которое при этом возможно применять, – от камер до специализированных перчаток, позволяющих роботу напрямую получать информацию о передаваемом жесте. Однако в условиях промышленного производства возникает необходимость не столько в передаче информации роботу путем жестов, сколько в анализе движений человека в рабочей зоне с целью недопущения нанесения ему вреда со стороны робота, а также возможного изменения траектории движения робота таким образом, чтобы наилучшим образом обеспечить поддержку человеку в выполнении совместных задач.

Примером исследования в этой области является [4], где рассматривается подход, позволяющий предсказывать движения человека при их совместной работе в производственной среде. Для решения задачи предлагается использование различных статистических моделей, а также представлен пример работы такой системы на основе скрытой марковской модели.

Тем не менее недостатком данного подхода является необходимость четкого задания движений, выполняемых человеком в рабочем пространстве, среди которых и будет происходить распознавание. В случае же, когда человек будет отклоняться от заданных движений или выполнять их в разрез

существующим в модели закономерностям, такая система может перестать выполнять возложенные на нее функции.

Поэтому предлагается разработать систему, которая бы анализировала рабочую область не только на предмет выполняемых в ней операций, но и такую, которая могла бы оценивать расстояние между объектами в рабочей зоне, а также предсказывать перемещение человека в ней на основе информации, получаемой в данный момент времени, и перестраивать траекторию движения робота так, чтобы предотвратить ее пересечение с траекторией движения человека без привязки к какому-либо предопределенному набору движений. Таким образом, планируется достичь большей безопасности человека при взаимодействии его с роботом, а также повысить производительность труда, т. к. вместо необходимости перезапуска системы, в случае возникновения столкновений в рабочей области, таковых удастся избежать, что может существенно сэкономить время в условиях производства.

Для практической реализации и проверки данного концепта с применением подходов, описанных в [2–4], был выбран коллаборативный робот TM5-700, установленный в лаборатории технологического оборудования кафедры «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета, рабочее пространство которого для 5 и 6 степеней свободы, обозначенных как 5DOF и 6DOF соответственно, представлено на рис. 2.

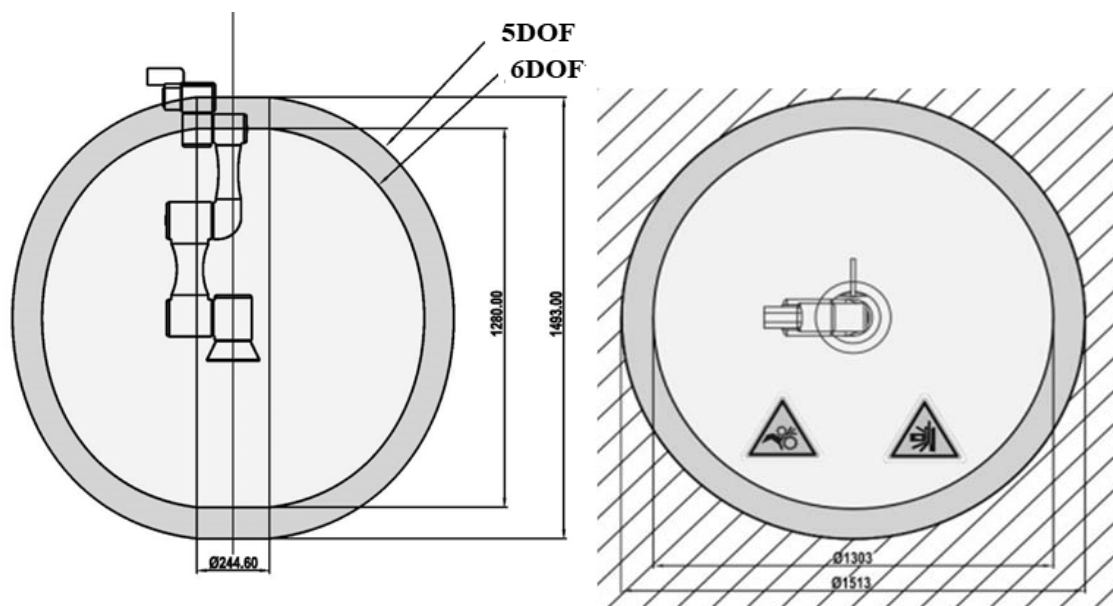


Рис. 2. Рабочая область коллаборативного робота TM5-700

В рамках концепта информацию о местоположении и траектории робота предполагается получать из системы управления и планирования траектории робота. Движение человека предсказывается на основе расчета траектории движения ключевых точек его виртуальной модели, полученной при помощи камер и датчиков глубины, и по специальным алгоритмам переносится на перемещение всего тела. В случае обнаружения потенциального пересечения траекторий человека и робота, в зависимости от того, каково расчетное время данного события, если оно еще относительно велико, траектория движения робота

может перестраиваться так, чтобы избежать столкновения. Для этого, например, может изменяться тип траектории на данном участке с криволинейного на прямолинейный, если это принесет необходимый результат. В случае, когда оперативно перестроить траекторию не представляется возможным, возможна индикация потенциального столкновения в виде звукового сигнала и других средств оповещения человека. Если же это оказывается безрезультатным, робот останавливается и ждет, пока человек не покинет ту часть рабочей зоны, по которой проложена траектория, после чего возобновит свою работу без дополнительного вмешательства в систему управления. Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 3. Осуществление концепта, основанного на предложенной схеме, позволит выработать принципы безопасной совместной работы коллаборативного робота и человека в одной рабочей среде.

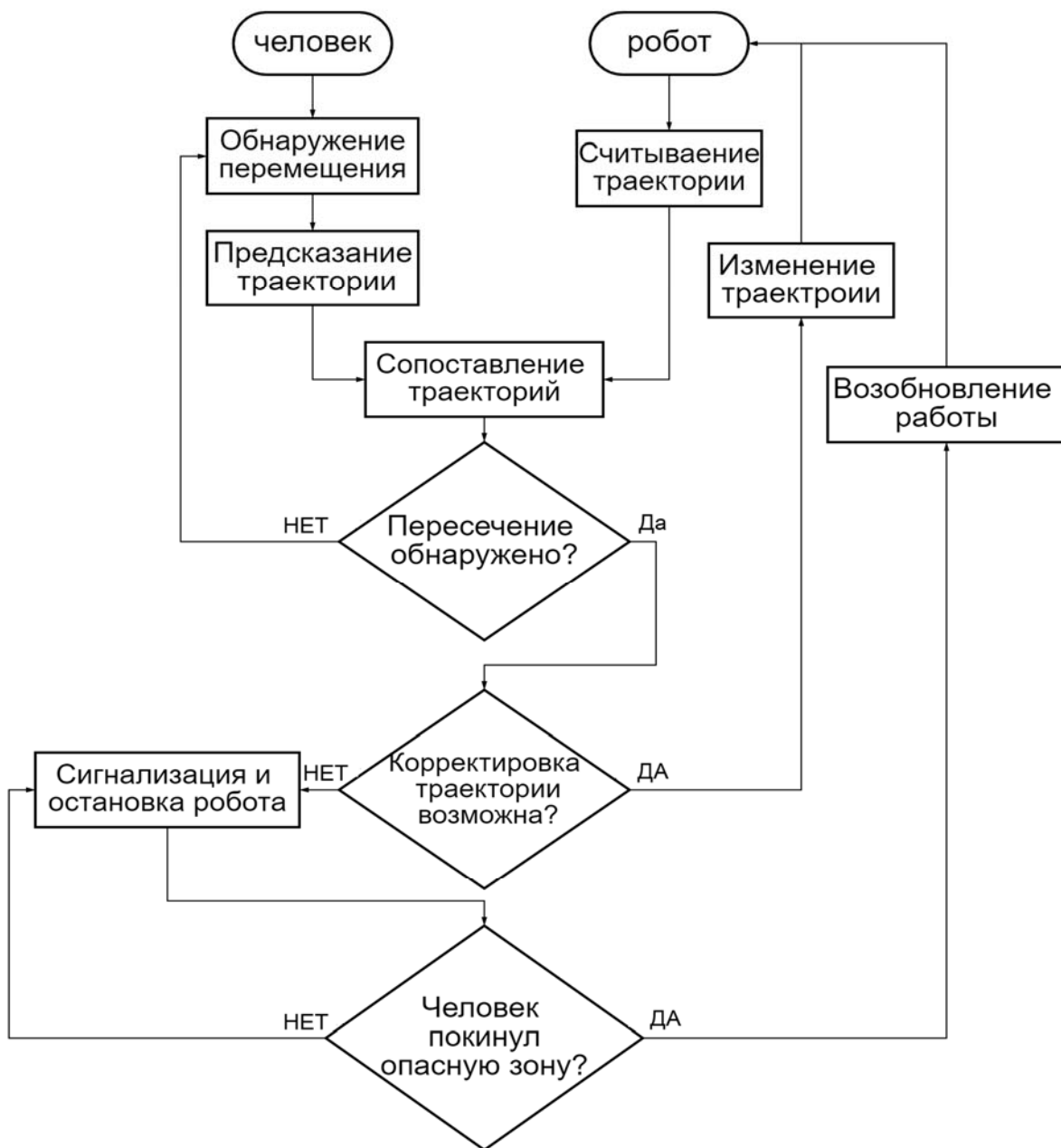


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы системы

Перспективы дальнейшего развития этой концепции заключаются в возможности ограниченного использования промышленных роботов в роли коллаборативных. Это означает, что существующие промышленные роботы могут быть адаптированы и запрограммированы для совместной работы с людьми, что приводит к более гибким и эффективным во временных рамках рабочим процессам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Overview of Human-Robot Collaboration in Manufacturing Cobots [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/341416725>. – Date of access: 12.08.2023.
2. A Human-Robot Dynamic Fusion Safety Algorithm for Collaborative Operations of Cobots [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/357561623>. – Date of access: 18.08.2023.
3. Gesture recognition for human-robot collaboration: A review [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/314292635>. – Date of access: 24.08.2023.
4. Human Motion Prediction for Human Robot Collaboration A review [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/314292635>. – Date of access: 28.08.2023.

Контакты:

Standbruch@yandex.by (Шишов Станислав Павлович);

andrei.statsenko@gmail.com (Стаценко Андрей Анатольевич).

S. P. SHISHOV, A. A. STATSENKO

PRODUCTIVITY INCREASE AND LABOUR SAFETY ENHANCEMENT DURING THE INTERACTION OF COLLABORATIVE ROBOTS AND HUMAN

Abstract

The objective of the paper is to provide an insight into the scope of the research done in the field of the enhancement of a human and a collaborative robot interaction model, and also to introduce a new concept to provide safety and increased productivity during the interaction mentioned above. The principles of the system operations and the algorithm of the process have been given.

The potential advancements in the area have been outlined.

Keywords:

collaborative robots, cobots, trajectory, navigation and planning, recognition, labour safety, labour productivity.