

УДК 621.9

О.Ю. ПРИХОДЬКО, А.Н. УШАКОВ, С.Е. СЛИПЧЕНКО**ВОПРОСЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SWITCH-ТЕХНОЛОГИИ**

Використання SWITCH-технології при здійсненні управління складними технологічними системами і виробничими автоматичними лініями розглядалося для автоматичної лінії, що містить три одиниці технологічного обладнання та обслуговується конвеєрною системою і роботами-маніпуляторами. Використання запропонованих підходів дозволяє: по-перше, побудова всіх основних моделей засновано на застосуванні тільки автоматної термінології, а по-друге, використовувати динамічну модель тільки одного типу - система взаємопов'язаних автоматів; - Застосування такої динамічної моделі дозволяє ефективно описувати і реалізовувати завдання розглянутого класу навіть при великій їх розмірності.

Ключевые слова: мережі Петрі, кінцеві автомати, моделювання, алгоритм, керовані переходи, програмовані логічні контролери, SWITCH-технологія, автомат Мура, вкладені автомати.

Использование SWITCH – технологии при осуществлении управления сложными технологическими системами и производственными автоматическими линиями рассматривалось для автоматической линии, содержащей три единицы технологического оборудования и обслуживаемой конвейерной системой, и роботами-манипуляторами. Использование предложенных подходов позволяет: во-первых, построение всех основных моделей основано на применении только автоматной терминологии, а во-вторых, использовать динамическую модель только одного типа – система взаимосвязанных автоматов; – применение такой динамической модели позволяет эффективно описывать и реализовывать задачи рассматриваемого класса даже при большой их размерности.

Ключевые слова: сети Петри, конечные автоматы, моделирование, алгоритм, управляемые переходы, программируемые логические контроллеры, SWITCH-технология, автомат Мура, вложенные автоматы.

Using the SWITCH-technology in the management of complex technological systems and production automatic lines considered for the automatic line-ing containing three units processing equipment and serviced by a conveyor system and manipulators. Using the proposed approach allows: first, the construction of all the major models based on the use of terminology only an automaton, and secondly, the use of a dynamic model of only one type - a system of interconnected machines; - The use of a dynamic model can effectively describe and implement the objectives of this class, even with their big-time dimension.

Keywords: Petri nets, state machines, modeling, algorithm-driven transitions, programmable logic controllers, SWITCH-technology, Moore automaton, nested automata.

Введение. В настоящее время в различных областях программирования все шире применяются конечные автоматы, которые в течение многих десятилетий использовались в основном при аппаратных реализациях. В работе на основе обзора методов алгоритмизации и программирования для систем логического управления и "реактивных" систем, сформулированы некоторые положения технологии алгоритмизации и программирования для этих классов систем. При этом проектируемые программы рассматриваются как взаимосвязанные конечные автоматы. Конечные автоматы начинают применяться ведущими фирмами мира для программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК), а также для описания поведения отдельных объектов в объектно-ориентированном программировании. Они используются при программировании протоколов, игр и схем программируемой логики, а также в такой традиционной для их применения области как создание компиляторов.

Анализ последних исследований и литературы. Известен международный стандарт [1], определяющий языки программирования для ПЛК и программно реализованных ПЛК (PC - контроллеров) – промышленных (управляющих) компьютеров (обычно IBM PC совместимых) с программным обеспечением класса SoftPLC и SoftLogic для создания прикладных программ. Известны также языки программирования для микроконтроллеров и собственно промышленных (управляющих) компьютеров [2]. Однако ведущими в области автоматизации фирмами мира [1-

7], как показал обзор, выполненный в [8], до сих пор не был выбран (разработан) язык алгоритмизации для задач логического (основанного на истинности и ложности) управления

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов использования STATE-технологии при осуществлении управления сложными технологическими системами и производственными автоматическими линиями.

Постановка проблемы. Язык алгоритмизации который позволил бы: – специалистам различных областей знаний однозначно и просто понимать, что должно быть сделано, что делается и что сделано в программно реализуемом проекте; – формально и изоморфно переходить от алгоритма к программам на различных языках программирования, используя минимальное число внутренних (управляющих) переменных в программах, так как эти переменные затрудняют понимание программ; – легко и корректно вносить изменения в разработанные алгоритмы и в построенные по ним программы; – корректно проводить сертификацию программ. Отсутствие такого языка оставляло открытым вопрос о создании сквозной технологии алгоритмизации и программирования для систем логического управления, которая позволила бы повысить качество проектирования их программного обеспечения.

В [8] выполнен обзор известных технологий алгоритмизации и программирования для систем рассматриваемого класса, на основе которого была раз-

работана новая технология, названная "SWITCH-технология", позволяющая обеспечить выполнение указанных выше требований. Эта технология может быть названа также "STATE-технология" или, более точно, "AUTOMATON-технология". Основные положения этой технологии. 1. В качестве основного в предлагаемой технологии используется понятие "внутреннее состояние" (в дальнейшем — "состояние"). Состояния рассматриваются как некоторые абстракции, вводимые в начале процесса алгоритмизации, например, путем однозначного сопоставления каждого из них с одним из физических состояний управляемого объекта, так как обычно "функционирование производственных систем проявляется через изменение их состояний" [9]. При этом каждое состояние в алгоритме поддерживает объект в соответствующем состоянии, а переход в новое состояние в алгоритме приводит к переходу объекта в новое соответствующее состояние, что и обеспечивает процесс логического управления объектом. Например, объект "технологическая система" может находиться в одном из четырех рабочих состояний ("наладочный режим", "переходный режим", "рабочий режим", "отключенное состояние"), каждое из которых может поддерживаться соответствующим состоянием в алгоритме управления. Для технологической системы «с памятью» алгоритм управления может иметь и меньшее количество состояний. При необходимости в алгоритм управления могут быть введены также и другие состояния, связанные, например, с неисправностями объекта и неправильными действиями оператора, учитывающие разного рода блокировки. Связь состояний с внутренними (управляющими) переменными появляется в дальнейшем на этапе кодирования состояний, отсутствующем в традиционном программировании. При этом число вводимых управляющих переменных зависит от принятого вида кодирования. Такой подход, известный из теории автоматов, принципиально отличается от подхода, обычно применяемого в программировании, при котором в ходе процесса программирования по необходимости вводятся внутренние (обычно двоичные) переменные, а затем каждый различный набор их значений объявляется состоянием программы [10]. Однако, так как понятие "состояние" в программировании прикладных задач обычно не используется, ответ на вопрос о количестве состояний в программе, содержащей, например, n двоичных внутренних переменных, остается в большинстве случаев открытым. Отметим, что в этом случае число состояний может находиться в диапазоне от n до 2^n . Так как любое состояние может быть представлено двумя значениями (логических нуля или единицы). При решении задачи должны быть учтены особенности обрабатываемых деталей, технологические возможности станков и предусмотрены алгоритмы минимизации производственных ресурсов.

Для синтеза вариантов технологической структуры элементы системы соединяют технологической (согласование технологических процессов единиц оборудования), кинематической

(объединение единиц оборудования), конструктивной (выполнение одним устройством функций разных единиц оборудования) и управляющей (блокировка команд управления) связями.

При циклическом выполнении программы (например, при обработке с использованием агрегированной технологической системы) ввиду наличия обратной связи от выхода к входу, она может быть последовательностной даже и при отсутствии управляющих переменных.

В качестве основной структурной модели технологической системы предлагается использовать автоматы Мура, в которых коды состояний и значения выходов принципиально разделены, а значения выходных переменных в каждом состоянии не зависят от входных воздействий, что упрощает внесение изменений в описания таких автоматов. Эти свойства алгоритмов и программ, обеспечивающие упрощение внесения корректных изменений в них, обеспечивают управляемость технологическим объектом. Первоначально число состояний в автомате Мура может быть выбрано равным числу состояний в управляемом им объекте (включая его неисправные состояния при необходимости). В дальнейшем в автомат могут вводиться дополнительные состояния, связанные, например, с неправильными действиями оператора или срабатыванием какой-либо блокировки, а после этого число состояний в автомате может минимизироваться за счет объединения эквивалентных состояний.

При использовании этой технологии нужно учитывать некоторые особенности:

- в качестве базового используется понятие «автомат», а не «агрегатный станок», «обрабатывающий центр», «робот-манипулятор» и т.д.;

- в общем случае автоматы рассматриваются не изолированно, а как составные части взаимосвязанной системы (автоматической линии) — системы взаимосвязанных автоматов, поведение которой формализуется с помощью системы взаимосвязанных графов переходов;

- в качестве основной применяется модель смешанного автомата, для описания поведения которого используется соответствующий граф переходов, содержащий только «простые» состояния.

- на этапе изучения предметной области на основе технического задания, которое при автоматизации технологических процессов обычно выдается заказчиком в словесной форме в виде совокупности сценариев и случаев использования, строится структурная схема технологической системы, позволяющая получить общее представление об организации управления, применяемой аппаратуре и интерфейсе объекта управления.

На этапе анализа на основе технического задания выделяются сущности, каждая из которых называется автоматом (например, обрабатывающий центр или силовой агрегат). Состояния каждого автомата первоначально определяются по выделенным состояниям объекта управления или его части, а при большом их количестве – по алгоритму управления, построенному

в другой нотации (например, в виде схемы алгоритма). В автоматы также могут быть введены и другие состояния, связанные, например, с неправильными действиями оператора, каждый автомат при необходимости может быть декомпозирован. Итеративный процесс анализа может выполняться многократно и завершается созданием перечня автоматов и перечня состояний для каждого автомата.

На этапе проектирования в отличие от традиционного программирования вводится подэтап — кодирование состояний автомата. При этом в каждом автомате для различия состояний применяется многозначный код, в качестве комбинаций которого вводят-

ся десятичные номера состояний; – автоматы взаимодействуют за счет обмена номерами состояний, вложенности и вызываемости. Они также могут быть одновременно вложенными и вызываемыми;

Далее строится схема взаимодействия автоматов, отражающая указанные типы взаимодействий. Она формализует систему взаимодействующих автоматов. Эта схема заменяет в предлагаемой технологии диаграмму объектов и частично диаграмму взаимодействий (диаграмму кооперации), которые применяются в объектном моделировании. Пример схемы связей автомата для модели управления автоматической линией приведен на рис. 1.

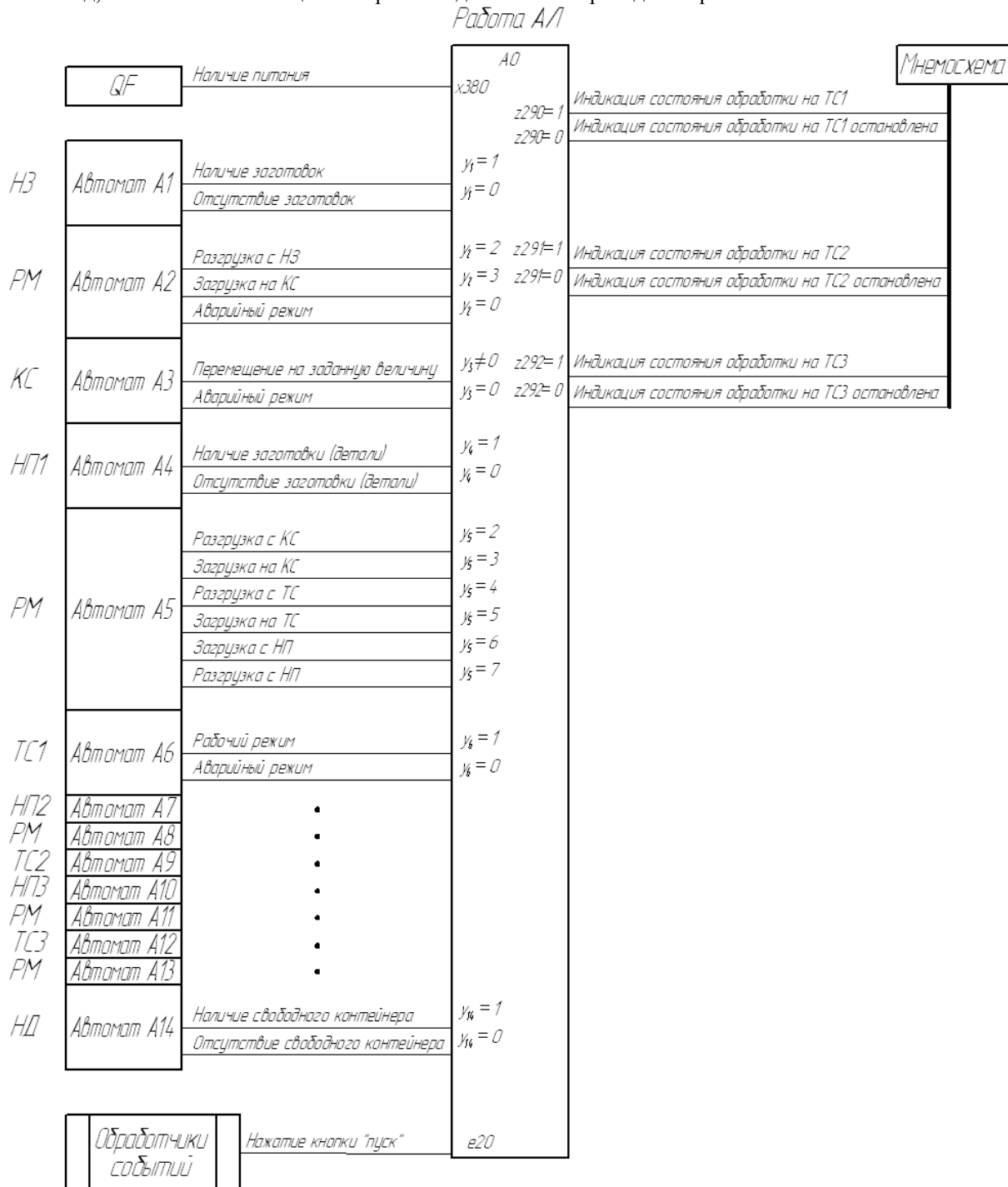


Рис. 1 – Схема связей автоматической линии

Связи каждого автомата с его «окружением» формализуются схемой связей автомата, предназначенной для полного описания интерфейса автомата. В этой схеме приводятся источники и приемники информации, полные названия всех воздействий и их обозначения, а также информация о том, в какой автомат он вложен и какие автоматы вложены в него.

Основные обозначения на схеме: QF – входные автоматические выключатели; АЛ-автоматическая линия; НЗ-накопитель заготовок; НД- накопитель деталей; НП- накопитель промежуточный; РМ- робот-манипулятор; КС- конвейерная система; ТС – технологическая система (металлорежущий станок); имя автомата начинается с символа А, имя события – с символа е (от английского слова event — событие), имя входной переменной — с символа х, имя переменной состояния автомата — с символа у, а имя выходного воздействия — с символа z. После каждого из указанных символов следует номер соответствующего автомата или воздействия.

Нами рассматривается модель управления автоматической линией, содержащей три единицы технологического оборудования представленная при помощи сети Петри (рис.2), в которой P_1, P_2, P_3 – обработка на технологических системах; P_4, P_5 – работа промежуточных накопителей (складов); P_6 – работа накопителя заготовок; P_7 – работа накопителя готовых деталей; $P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$ – осуществление погрузочно-разгрузочных операций роботами-манипуляторами.

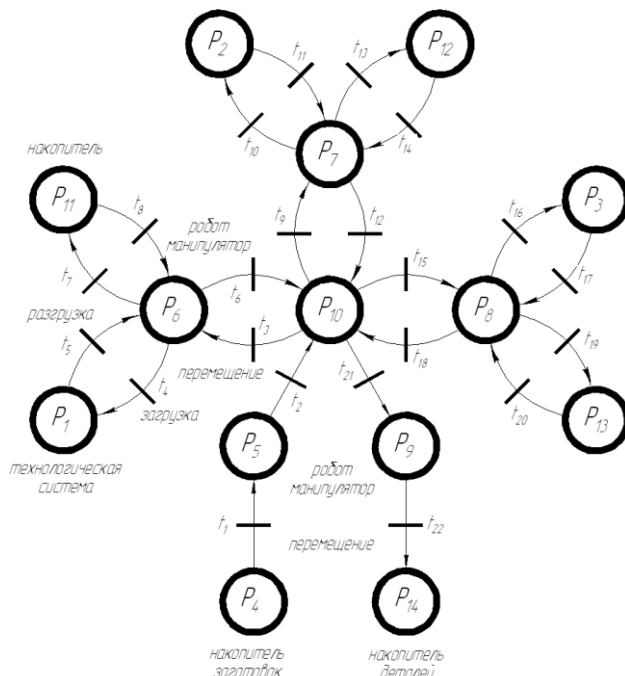


Рис.2 – Модель управления автоматической линией, содержащей три единицы технологического оборудования

Важным вопросом является согласование работы звеньев автоматической линии. Расхождение в производительности технологических систем приводит к накоплению объемов незавершенного

производства. Определение мест задержки маркеров перед позициями позволит изменить производительность участков автоматической линии так, чтобы между ними отсутствовали промежуточные склады (промежуточные накопители). В автоматической линии, содержащей три технологические системы, все операции загрузки и разгрузки осуществляются пятью роботами манипуляторами, обслуживающими конвейерную систему. Возникает необходимость согласования скорости перемещения конвейерной системы и времени технологической операции на каждой из технологических систем.

Мнемосхема, которой оснащена автоматическая линия позволяет отслеживать нештатные и аварийные ситуации на рабочих местах (технологических системах) и принимать экстренные решения.

Выводы

Использование предложенных подходов позволит повысить качество проектирования и реализации программ логического управления технологическими системами, в том числе и за счет автопрограммирования, при котором человек, знающий объект, сам выполняет алгоритмизацию и программирование. В отличие от объектного моделирования, во-первых, построение всех основных моделей основано на применении только автоматной терминологии, а во-вторых, используется динамическая модель только одного типа — система взаимосвязанных автоматов; — применение такой динамической модели позволяет эффективно описывать и реализовывать задачи рассматриваемого класса даже при большой их размерности. Имитация взаимодействия единиц оборудования в виде сети Петри позволяет выбрать структуру сложной технологической системы, согласовать работу единиц оборудования, выявить «узкие места» в работе единиц автоматической линии, определить емкости промежуточных накопителей, оценить уровень отказоустойчивости системы, определить влияние времени переналадки оборудования на производительность системы.

Список литературы

1. International standard IEC 1131-3. Programmable controllers. Part 3. Programming languages. International Electrotechnical Commission. 1993.
2. SIMATIC. Simatic S7/M7/C7. Programmable controllers. SIEMENS. Catalog ST 70. 1996.
3. TSX T607. Programming terminal. User's manual. Telemecanique. 1987.
4. Modicon catalog & specifier's guide. Modicon. AEG Schneider Automation. 1995.
5. Programmable controller. MELSEC - A. Programming manual. Type ACPU. Common instructions. Mitsubishi Electric.
6. ABB Procontic T200. Mid-range automation systems using modern technology. Asea Brown Boveri. 1994.
7. ET-PDS. Software for programmable logic controllers. Toshiba International (Europe) Ltd. 1995.
8. Шальто А.А. SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука, 1998.
9. Гузик И.М. Стандарт МЭК 1131: язык GRAFCET — знакомство поближе //Schneider Automation Club. 1999. N6.

10. Лавров С.С. Лекции по теории программирования. Учебное пособие. СПб.: СПбГТУ, Нестор, 1999.

Bibliography (transliterated)

1. International standard IEC 1131-3. Programmable controllers. Part 3. Programming languages. International Electrotechnical Commission. 1993.
2. SIMATIC. Simatic S7/M7/C7. Programmable controllers. SIEMENS. Catalog ST 70. 1996.
3. TSX T607. Programming terminal. User's manual. Telemecanique. 1987.
4. Modicon catalog & specifier's guide. Modicon. AEG Schneider Automation. 1995.
5. Programmable controller. MELSEC - A. Programming manual. Type ACPU. Common instructions. Mitsubishi Electric.

6. ABB Procontic T200. Mid-range automation systems using modern technology. Asea Brown Boveri. 1994.
7. ET-PDS. Software for programmable logic controllers. Toshiba International (Europe) Ltd. 1995.
8. Shalito A.A. SWITCH-technologija. Algoritmizacija i programirovanie zadach logicheskogo upravljenja. [SWITCH-technology. Algorithmic and programming logic control tasks.]. Sankt-Peterburg, Nauka Publ., 1998.
9. Guzik I.M. Standart MEK 1131: jazyk GRAFCET — znakomstvo poblege [IEC 1131 standard: GRAFCET language - closer acquaintance]//Schneider Automation Club. 1999. No 6.
10. Lavrov C.C. Lekcii po teorii programirovanija. [Lectures on the theory of programming.] Tutorial. Sankt-Peterburg, Nestor Publ., 1999.

Поступила (received) 10.05.16

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic description

Питання алгоритмізації роботи технологічних систем з використанням SWITCH-технології/
О.Ю. Приходько, А.Н. Ушаков, С.Е. Слипченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 5 (1177). – С. 66–40. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Вопросы алгоритмизации работы технологических систем с использованием SWITCH-технологии/
О.Ю. Приходько, А.Н. Ушаков, С.Е. Слипченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 5 (1177). – С. 66-70. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Questions algorithmization of technological systems using the SWITCH-technology/O.Y. Prihodko, O.M. Ushakov, S.E. Slipchenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 5 (1177). – P. 66-70. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-0023.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Приходько Ольга Юрійвна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: olmurakami@mail.ru;

Приходько Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии машиностроения и металло-режущих станков; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: olmurakami@mail.ru;

Prihodko Olga Yurievna - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of engineering technology and machine tools; tel .: (057)-720-66-25, e-mail: olmurakami@mail.ru;

Ушаков Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: parom38@yandex.ru;

Ушаков Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: parom38@yandex.ru;

Ushakov Oleksandr Mukolajovych - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of engineering technology and machine tools; tel .: (057)-720-66-25, e-mail: parom38@yandex.ru;

Слипченко Сергій Євгенович – старший викладач Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» ; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: serg.slip@gmail.com;

Слипченко Сергей Евгеньевич – старший преподаватель, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; тел.: (057)-720-66-25, e-mail: serg.slip@gmail.com;

Slipchenko Sergij Evgenovych - – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Senior Lecturer; tel .: (057)-720-66-25, e-mail: serg.slip@gmail.com.