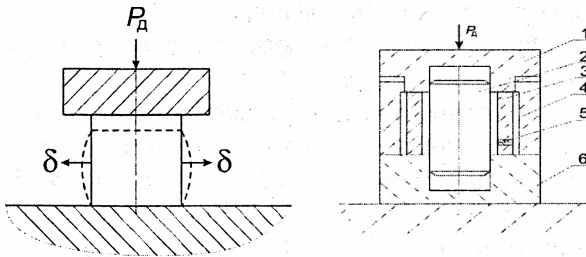
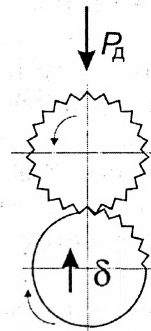


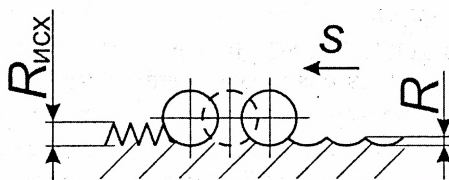
Осадка



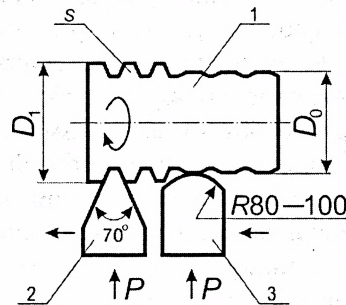
Накатка



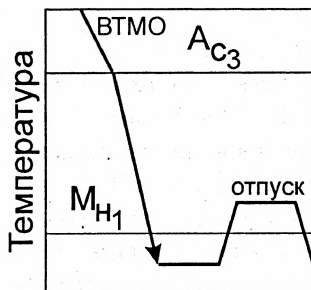
Обкатывание и раскатывание шариками и роликами



Электромеханическая обработка



Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО)



ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ

Кашулин С.М., Новиков А.А., Физико-технический институт НАН Беларуси

Общие положения

В течение последних 15 лет в Физико-техническом институте НАН Беларуси активно разрабатываются технологии и оборудование для обработки конструкционных материалов концентрированными потоками энергии.

В частности, велись работы по созданию лазерно-технологических комплексов, плазменно-технологических комплексов и водо-абразивных комплексов.

В общем случае всякое устройство для обработки материалов концентрированными потоками

ми энергии функционально состоит из двух частей: источника высокоэнергетического потока и автоматизированного технологического манипулятора, позволяющего перемещать концентрированный поток энергии (или обрабатываемый материал) в пределах заданного пространства.

В зависимости от вида обрабатываемого материала и типа обработки, в качестве источника высокоэнергетического потока может быть использован технологический лазер, плазмотрон, ускоритель электронов, гидравлический насос сверхвысокого давления.

Технологический манипулятор, как правило, представляет собой двух- или трехкоординатное устройство перемещения, обеспечивающее запрограммированное движение рабочего инструмента (лазерного объектива, плазмотрона, водоабразивного сопла) в пределах рабочей зоны.

Области применения и краткая характеристика высокоэнергетических технологий

Лазерные технологии

Лазерная резка

Используется для точной резки металлов и неметаллических материалов по любому заданному программой контуру. Файл рисунка, детали или надписи передается в систему управления комплекса и с помощью управляющей программы с ПЭВМ производится контурная резка с точностью 0.1 мм лазерным фокусирующим объективом. Резке с помощью лазера могут быть подвергнуты следующие материалы:

- сталь толщиной до 6 мм
- пластики, толщиной до 20 мм
- дерево, фанера, ДСП до 30 мм
- кожа, текстиль, винилискожа и др. (в том числе пакетная резка)

- габариты вырезаемого изделия — до 1,5×2.0 м

Лазерное упрочнение и легирование поверхности

Лазерное упрочнение (закалка) основана на процессе высокоскоростного нагрева и охлаждения поверхностных слоев, который приводит к значительным изменениям в структуре обрабатываемых материалов и позволяет существенно улучшать их служебные характеристики (твердость, износостойкость, контактная прочность). Лазерное легирование позволяет вводить в тонкий поверхностный слой необходимые легирующие компоненты, и еще в более высокой степени упрочнять поверхность изделия. Процессы используются при упрочнении прессформ, матриц, пуансонов для холодной штамповки, ковочных

штампов горячего выдавливания, резцов горнодобывающих комбайнов и др.

Лазерная наплавка и восстановление изношенных поверхностей деталей

Лазерная наплавка — уникальный метод нанесения износостойких поверхностных слоев без поводок и короблений практически на любую поверхность. Лазерное восстановление может широко использоваться в ремонтном производстве для восстановления прецизионных деталей, везде - где требуется повышенная твердость и износостойкость слоя, надежность и долговечность (клапана, распредвалы, полуоси, штоки, коленчатые валы, крестовины, детали трансмиссий и др.).

Лазерная сварка и пайка

Позволяет сваривать материалы, ранее считающиеся несвариваемыми или трудносвариваемыми с повышением механических свойств сварного соединения. Разработаны технологии лазерной сварки никелевых, титановых сплавов, технологии лазерной сварки алмазных сегментов дисковых пил, а также процессы точной лазерной пайки твердосплавных элементов дискового режущего инструмента.

Плазменные технологии

- плазменная резка листовых металлических материалов толщиной до 80 мм.
- плазменное легирование и наплавка
- локальная термическая обработка отдельных участков деталей и металлоконструкций

Водо-абразивные технологии

- контурное разделение (резка) металлических и неметаллических материалов толщиной до 100 мм.
- очистка поверхности металла под покраску
- демонтаж и очистка строительных и железобетонных конструкций в условиях, где невозможно использование других методов (взрыво- и пожароопасные условия).

Реализация высокоэнергетических технологий

В качестве технологического инструмента для мощных CO₂-лазеров «Комета-2», «Гарпун» и «ТЛ-1,5», производства России в Физико-техническом институте НАН Беларуси были разработаны и изготовлены автоматизированные лазерные технологические манипуляторы «Салар» и «Унилам», которые используются для резки, термообработки, наплавки и сварки.

Созданное оборудование обеспечивает высокие скорости обработки, обладает гибкой, легко перестраиваемой системой управления и по своим характеристикам не уступает зарубежным аналогам.

Лазерно-технологический комплекс «Комета-Салар» предназначен для размерной обработки по заданному контуру и вырезки деталей из листовых материалов. Представляет собой классическую раскройную машину порталного (планшетного) типа. Принцип работы комплекса основан на использовании луча CO₂ - лазера длиной волны 10,6 мкм, воздействию сфокусированным лазерным излучением на неподвижный листовой материал и подаче в сопло фокусирующего объектива струи режущего газа для формирования реза на раскраиваемом материале по траектории движения лазерного объектива.

Основные технические данные и характеристики ЛТК «Комета-Салар»

- Тип лазера – «Комета-2» производства России; г. Кстово, Нижегородской области, или «ТЛ-1,5» производства России; г. Шатура Московской области

- Длина волны излучения — 10,6 мкм.

- Режим излучения — многомодовый и приближенный к ТЕМ.

- Средняя мощность излучения - не менее 1,0 кВт.

- Тип технологического манипулятора для лазерного раскроя — «Салар».

- Рабочий ход по X до 2500 мм.

- Рабочий ход по Y до 1500 мм.

- Рабочий ход по Z до 80 мм.

- Скорость линейных перемещений X, Y до 200 мм/с.

- Скорость перемещений при обработке 0,01...200 мм/с.

- Дискретность X, Y, Z 0,01 мм.

- Повторяемость контура перемещений по координатам X, Y не хуже 0.1 мм.

Комплекс оснащен шкафом электрооборудования с электроприводами, двигателями постоянного тока, устройством числового программного управления УЧПУ «РУХ» и пультом ручного управления. Оператор осуществляет управление комплекса с компьютера IBM.

Автоматическое регулирование и поддержание параметров манипулирования лазерным объективом в рабочей зоне осуществляет УЧПУ «РУХ», которое является аналогом устройства управления «Sinumerik-810» фирмы «Siemens» и было создано Минскими специалистами (предприятие «РУХСЕРВОМОТОР» ООО, г. Минск) для использования в технологических комплексах лазерной, плазменной и водо-абразивной обработки материалов.

Технические данные УЧПУ «РУХ»

- Габаритные размеры 450 x 450 x 320 мм.

- Масса не более 3,2 кг.

- Потребляемая мощность не более 1,2 кВт.

- Плата контроллера содержит сигнальный микропроцессор TMS 320C32 (тактовая частота 50MHz), 128 KB RAM, 64 KB ROM, 32 KB EEPROM.

- Интерфейс обмена информацией с системой управления верхнего уровня — ПЭВМ IBM по каналу RS-232, скорость обмена до 38400 бод.

- Количество каналов дискретного вывода (=24В; 1А) — 16,

каналов дискретного ввода (I=10mA) — 16.

- Амплитуда входных и выходных аналоговых сигналов ±10В.

Управление комплексом производится с помощью ПЭВМ по управляющей программе ROMA-Laser через диалоговую оболочку оператора. В процессе работы оператор может контролировать и изменять значения регулируемых параметров, которые определяются коэффициентами, выбранными при наладке электроприводов и внешних устройств, задействованных в лазерном комплексе.

Управление в ручном режиме исполнительными механизмами комплекса и линейные перемещения по координатам X,Y,Z производятся посредством ПРУ (пульт ручного управления) или с помощью клавиатуры ПЭВМ.

Устройство управления может обрабатывать два формата входных данных:

1. Формат DIN/ISO: этот формат предполагает, что входные данные составлены в стандарте DIN66025/ISO6983 (программирование ЧПУ). Такие программы могут быть получены в результате работы соответствующих пост - процессоров в различных системах автоматического проектирования или при наборе программы вручную.

Обрабатываются следующие команды: G00, G01, G02, G03, G04, G41, G42, G43, G44, G50, G51, G52, G53, G70, G71, G72, G90, G91, G98, M00, M02, M03, M05, M08, M09, M30 и ключевые символы: %, *, ;, (,), N, S, F, T, X, Y, Z, I, J.

2. Формат HPGL: этот формат совместим с командами графопостроителей. Входные данные этого формата могут быть получены в различных графических системах проектирования (PCAD, ACAD, CorelDraw).

Обрабатываются следующие команды: IN, PD, PU, PA, PR, AA, AR, CI, SP.

Примеры раскройных лазерных технологических комплексов «Комета-Салар» и «ТЛ-1,5 – Салар» приведены на рис. 1

Эти комплексы внедрены на Могилевском ав-

томобильном заводе и Минском автозаводе соответственно.

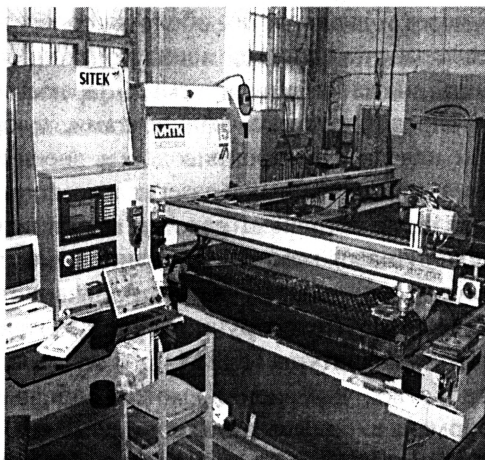
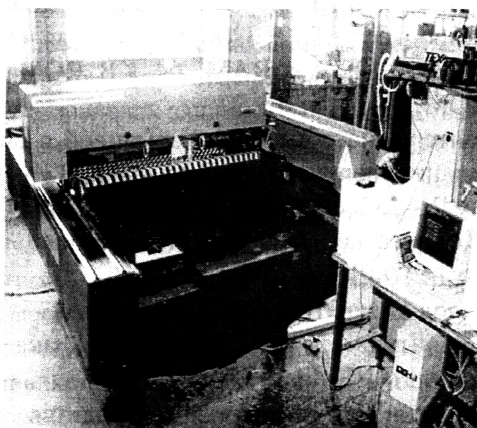


Рис. 1.

На рис. 2 представлен фрагмент приборной панели для автобусного производства, вырезаемого с помощью лазерно-технологического комплекса «ТЛ-1,5 – Салар».



Рис. 2

На Мозырском нефтеперерабатывающем заводе и в Физико-техническом институте НАН Беларуси внедрены лазерно-технологические комплексы «Гарпун-Салар-0,5».

Вид автоматизированного манипулятора «Салар-0,5» представлен на рис. 3.

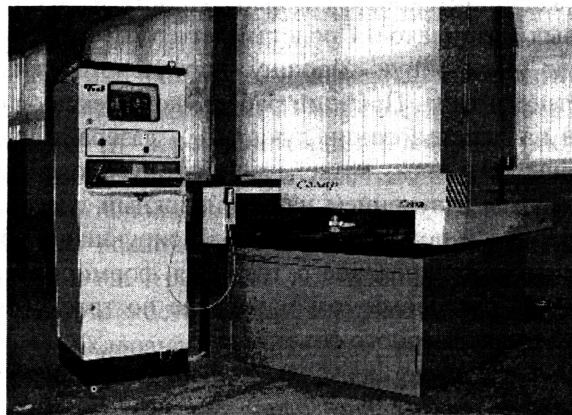


Рис. 3

Лазерно-технологический манипулятор «Унилам» является универсальным и предназначен не только для технологий резки деталей из листовых материалов. Он выполнен по консольной схеме классических фрезерных станков. Дополнительно «Унилам» оснащен четвертой координатой (или движущимся столом, или ротационным модулем), что позволяет производить лазерную обработку деталей вращения. Наличие четвертой независимой координаты позволяет использовать «Унилам» во всех технологиях лазерной обработки, перечисленных выше (лазерное упрочнение и легирование поверхности, лазерная сварка, пайка, лазерная наплавка). В качестве источника лазерного излучения также используются технологические CO_2 – лазеры Российского производства «Комета-2», «Гарпун» и «ТЛ-1,5».

*Основные технические характеристики
ТМ «УНИЛАМ»*

Рабочий ход по X до 1500 мм.

Рабочий ход по Y до 900 мм.

Рабочий ход по Z до 350 мм.

Модуль вращения — дискретность вращения $—0,1^\circ$

Скорость линейных перемещений X, Y до 200 мм/с.

Скорость перемещений при обработке 0,01...200 мм/с.

Скорость вращения — до 200 об/мин

Дискретность X, Y, Z — 0,01 мм.

Повторяемость контура перемещений по координатам X, Y, Z не хуже 0,1 мм.

Управление ТМ «УНИЛАМ» также ведется посредством УЧПУ «РУХ» с ПЭВМ по управляющей программе «ROMA-Laser» через диалоговую оболочку оператора.

Лазерно-технологический комплекс «КОМЕТА-

УНИЛАМ», внедренный на Минском электро-техническом заводе им. В.И. Козлова, представлен на рис. 4.

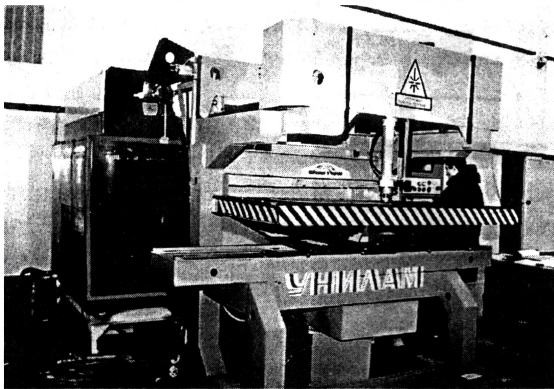


Рис. 4

На производственных площадях ФТИ совместно с СП «Спожиток» создан и успешно работает комплекс водо-абразивной резки «Кварц» состоящий из насоса высокого давления и технологического раскройного стола собственной конструкции. Здесь проходит опытная эксплуатация отдельных узлов комплекса и отрабатываются новые технологии.

Метод водо-абразивной резки основан на создании водяной струи очень высокого давления с помощью высоконапорных насосов, калибровке этой струи водяным соплом, смешивании струи высокого давления с абразивом в абразивном сопле и программном перемещении водо-абразивной струи по контуру вырезаемой заготовки. По физической сути метод водо-абразивной резки является локализованной высокоскоростной шлифовкой, примененной для контурного разделения материалов.

С помощью этой технологии возможно осуществление контурного разделения практически любых материалов. Преимущества особенно видны при резке следующих материалов:

- материалов, чувствительных к температуре
- трудно обрабатываемых материалов;
- материалов, засоряющих режущий инструмент;
- мрамора, гранита, керамических материалов, стекла, облицовочных плиток;
- резины, изоляции, пенных материалов, кевлара, пластмассы, стеклопластика, кожи, дерева, пробки;
- композиционных материалов;
- всех видов сталей, включая нержавеющую, закаленную, инструментальные и остальных металлов и сплавов.

Основные преимущества при использовании высоконапорной водяной струи:

- холодная резка, во время которой нет нагрева ма-

териала;

- максимальная универсальность для любых материалов и их толщины;
- возможность резки очень трудно обрабатываемых материалов;
- резка осуществляется без выделения вредных эмиссий;
- резаную грань в большинстве случаев не требуется дополнительно обрабатывать.

Технологический комплекс водо-абразивной резки «Кварц» состоит из насоса высокого давления (рис. 5) и автоматизированного стола портального типа «Кварц», дополнительно доработанного и оснащенного технологической оснасткой, необходимой для технологии резки высоконапорной жидкостной струей (рис. 6).

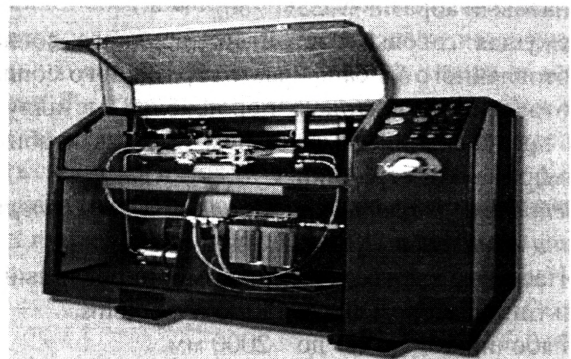


Рис. 5. Насос высокого давления

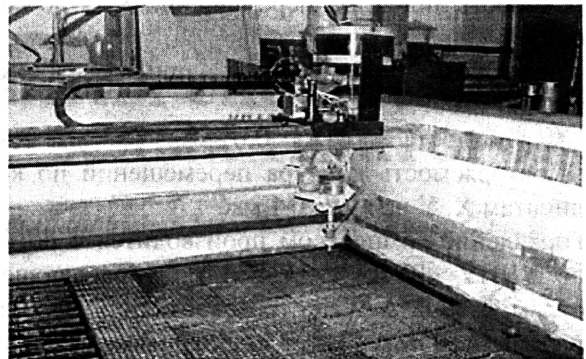


Рис. 6. Технологический стол «КВАРЦ»

При данной схеме манипулятора раскраиваемый листовый материал (как и в случае лазерной резки) остается неподвижным на рабочем столе, а инструмент осуществляет движение над ним по заданной траектории с заданной скоростью в линейных координатах X и Y.

Насос высокого давления состоит из масляного насоса, создающего давление до 200 атм. с расходом масла 85-100 л/мин. Для этих целей используется промышленные насосы типа НАП 140-20 и

комплект гидроаппаратуры (для регулировки давления расхода масла). Для повышения давления до 3500-4000 атм. используется мультипликатор 1:20 (в частности мультипликатор фирмы FLOW-systems) с расходом воды 3,2 л/мин., повышающий рабочее давление воды в 20 раз. Для сглаживания пульсаций давления воды установлен ресивер объемом 1,6 л.

Вода высокого давления подается на режущую головку через гидрошарниры высокого давления и гибкие стальные трубопроводы. Отсекатель воды на режущей головке управляется пневмоклапаном, а режущий абразив подается через дозатор в камеру смешивания режущей головки. В качестве абразива для данного расхода воды используется либо кварцевый песок 0,6- 0,8 мкм., либо гранатовый абразив MESH –80.

Режущая головка состоит из водяного сопла, изготовленного из сапфира, и абразивного сопла, изготовленного методом порошковой металлургии при спекании в магнитном поле из карбида вольфрама или керамики.

Основные технические данные и характеристики комплекса «КВАРЦ»

- Насос высокого давления комбинированный с мультипликатором фирмы FLOW-Systems.

- Рабочий ход по X до 2000 мм.

- Рабочий ход по Y до 1500 мм.

- Рабочий ход по Z до 80 мм.

- Скорость линейных перемещений X, Y до 200 мм/с.

- Скорость перемещений при обработке 0,01...200 мм/с.

- Дискретность X, Y, Z 0,01 мм.

- Повторяемость контура перемещений по координатам X, Y не хуже 0.1 мм.

Управление комплексом производится с помощью УЧПУ «РУХ» с ПЭВМ по управляющей программе ROMA-Water, разработанной на базе программы ROMA- Laser специально для водо-абразивной резки.

В 2003 году Физико-техническим институтом был разработан и внедрен на предприятии «Гидро-спецтехнологии» в г. Краснодаре водо-абразивный комплекс, оснащенный технологическим манипулятором оригинальной конструкции, использующим для управления как линейные, так и полярные координаты.

Схематическое изображение технологического манипулятора представлено на рис. 9.

Манипулятор выполнен на базе «однорукого робота» (вращательная координата W), переме-

щаемого по линейной координате X. С помощью пересчета вращательного движения по W и линейного по X осуществляется перемещение режущей головки по координатам X и Y.

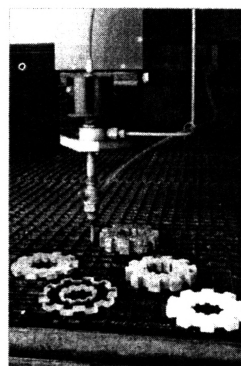
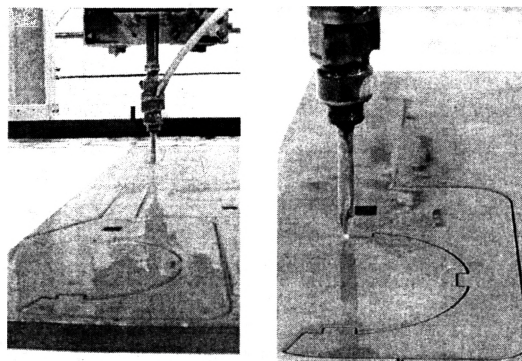


Рис. 7. Пример технологий резки водяной струей на комплексе «КВАРЦ»



Рис. 8. Вид деталей и изделий, полученных методом водо-абразивной резки

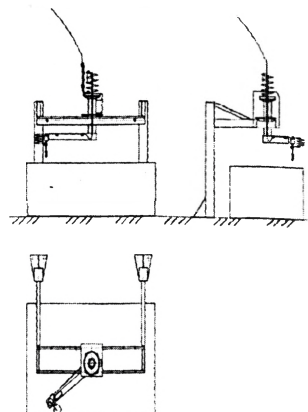


Рис. 9

Основным преимуществом данной схемы обработки является большая рабочая зона резки листовых материалов при относительно малых размерах самого манипулятора, а также удобство работы оператора при загрузке листа и контроля в процессе резки (доступ к рабочей зоне с трех сторон).

В качестве системы управления в данном манипуляторе использована стандартная плата фирмы Моторола контроллер движения — РМАС». Специально разработанная программа управления манипулятором обрабатывает формат УЧПУ DIN/ISO. Обрабатываются следующие команды: G00, G01, G02, G03, G04, G41, G42, G43, G44, G50, G51, G52, G53, G70, G71, G72, G90, G91, G98, M00, M02, M03, M05, M08, M09, M30 и ключевые символы: %, *, ,, (,), N, S, F, T, X, Y, Z, I, J.

Основные технические данные и характеристики комплекса «Гидроспецтехнологии»

- Насос высокого давления фирмы РТВ – РТВ37J с расходом 3,7 л/мин, P=4150 Атм.
- Рабочий ход по X до 2800 мм.
- Рабочий ход по Y до 1300 мм.

- Рабочий ход по Z до 80 мм.
- Скорость линейных перемещений X, Y до 300 мм/с.
- Скорость перемещений при обработке 0,01...300 мм/с.
- Дискретность X, Y, Z 0,01 мм.
- Повторяемость контура перемещений по координатам X, Y не хуже 0.1 мм.

Следует отметить, что метод обработки материалов водяной струей высокого давления был изобретен в СССР в начале 50-х годов прошлого века, однако по ряду причин широкого применения не нашел.

В промышленно развитых странах технологию водо-абразивной резки широко используют с 70-х годов. Западными фирмами разработано разнообразное оборудование для этих целей, однако это оборудование весьма дорого. Создание отечественного технологического манипулятора в сочетании с использованием импортных насосов высокого давления позволит в несколько раз удешевить технологическое водо-абразивное оборудование и сделать его доступным для промышленных предприятий Беларуси.

УДК 629.114.2

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Бурносенко А.А., Жданович Ч.И., Белорусский национальный технический университет

Значительный процент времени использования трактора (до 50%) составляют транспортные работы [1, стр. 7]. Практика тракторостроения показывает, что максимальные скорости практически всех выпускаемых сегодня моделей тракторов с мощностью двигателя от 79 до 300 л.с. достигают 40 км/ч [2-5, 8-14], а у некоторых моделей они достигают 50 км/ч [6, 7, 13].

С увеличением скорости движения машины профиль дороги начинает заметно влиять на ее динамику, что проявляется в изменениях устойчивости движения, управляемости машины и комфорта работы оператора. Комфорт водителя, тяговое усилие, управляющие силы и тормозное усилие, являющиеся важным критерием оценки безопасности и

управляемости движения трактора, определяются сцеплением передних колес с почвой, которое, в свою очередь, зависит от опорной реакции на колесах. Из-за неравномерности опорной реакции и изменения радиуса колес возникают также вибрации в трансмиссии машины, снижающие долговечность ее службы. Подвеска трактора может уменьшить неравномерность опорной реакции и способна обеспечивать экономически эффективную, безопасную и комфортную работу на всем диапазоне скоростей — от технологических до транспортных. В общем случае к подвескам тракторов предъявляются следующие требования:

1. Повышение плавности хода трактора для того, чтобы обеспечить должный комфорт водителя