

## ВЫВОДЫ

1. При зубошлифовании происходит снижение микротвердости поверхности зубьев на 700–1000 МПа, уменьшение параметра шероховатости  $Ra$  с 3,0 до 0,8 мкм для обоих исследованных материалов и методов зубошлифования.

2. Остаточные напряжения 1-го рода  $\sigma_1$  из сжимающих порядка 800–950 МПа переходят в растягивающие в пределах 1300–1550 МПа, а напряжения 2-го рода  $\sigma_2$  увеличиваются в среднем в 1,3 раза. Такой характер изменения твердости и остаточных напряжений неблагоприятно влияет на прочность зубьев шестерен.

3. Зубошлифование червячным кругом в большей степени влияет на качественное изменение рассмотренных параметров, чем зубошлифование коническим кругом. При зубошлифовании червячным кругом это подтверждается уменьшением значений  $B$ : для параметра  $H_{\mu}$  – на 8–10 %, для  $Ra$  – на 18–20 %, для  $\sigma_1$  – на 17–19 % и для  $\sigma_2$  – на 14–20 % по сравнению со шлифованием коническим кругом. Примерно в такой же степени при данных процессах имеет место и увеличение значений  $r_{\Sigma}$ .

4. Изменение абсолютных значений рассмотренных параметров качества поверхностей зубьев (характеристика  $V$ ) при зубошлифовании червячным кругом по сравнению с коническим кругом примерно одинаково.

5. Отмечено несколько более интенсивное качественное и количественное изменение рассмотренных параметров при зубошлифовании обоими методами шестерен из стали 25ХГТ по сравнению с шестернями из стали 20ХН3А (примерно на 4–30 % для различных параметров).

6. Полученные данные позволяют моделировать изменения параметров качества поверхностей зубьев шестерен при зубошлифовании различными методами, дают объективные характеристики этой операции для различных обрабатываемых материалов и способов ее реализации, позволяют выполнять как прогнозирование возможностей процесса зубошлифования, так и оптимизацию требований к исходным значениям качества поверхности зубьев перед зубошлифованием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Производство зубчатых колес / под ред. Б. А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1990. – 463 с.
2. Соломин, И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И. С. Соломин. – М.: Машиностроение, 1972. – 215 с.
3. Кане, М. М. Статистический анализ изменения параметров точности цилиндрических зубчатых колес при шевинговании / М. М. Кане // Вестник машиностроения. – 1990. – № 5. – С. 24–27.

Поступила 27.06.2011

УДК 629.7.01

## СОЗДАНИЕ РОБОТА-САПЕРА ПОВЫШЕННОЙ ЖИВУЧЕСТИ И ПРОХОДИМОСТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ

Канд. техн. наук МИРОНОВ Д. Н., асп. ЕВДОКИМОВ Д. А.

Белорусский национальный технический университет

В связи с трагическими событиями, произошедшими в Минске 3 июля и в метро, возникает необходимость в изготовлении устройств, позволяющих обнаруживать, обезвреживать или транспортировать взрывоопасные предметы в безопасные места, не подвергая опасности жиз-

ни людей. Одним из таких устройств является робот-сапер.

В настоящее время в разных странах созданы различные роботы-саперы.

1. Робот-сапер Dragon Runner (рис. 1) [1] массой 7 кг разработан в Великобритании. Ро-

бот переносится в рюкзаке и может двигаться со скоростью 8 км/ч, подниматься по лестнице и открывать двери. У него четыре видеокamеры, управляется он с контроллера, похожего на смартфон. Робот может транспортировать взрывное устройство в безопасное место весом до 4,5 кг. Около 100 роботов уже произведены в Великобритании и используются в Афганистане.



Рис. 1. Dragon Runner

2. Российский мобильный робототехнический комплекс (МРК) «Сапер» (рис. 2) [1, 2] предназначен для проведения разведки, контроля и идентификации взрывчатых веществ (ВВ), взрывчатых устройств (ВУ) и радиоактивного заражения, разминирования или уничтожения ВВ и ВУ во внутренних объемах различных транспортных средств, а также в ограниченных промышленных и жилых пространствах в условиях плотной городской застройки. Тактико-технические характеристики робота представлены в табл. 1. При его оснащении соответствующими техническими средствами может быть использован для:

- поиска и эвакуации (нейтрализации) опасных предметов (источников радиоактивного излучения, предметов, содержащих отравляющие вещества);
- проведения работ по обследованию объектов при наличии условий, исключающих пребывание человека (высокий радиационный фон, высокая степень загазованности, наличие отравляющих веществ), за исключением паров агрессивных жидкостей;
- оперативного сбора визуальной и аудиоинформации;

- установки и эвакуации различных специальных средств;
- доставки грузов по ровной горизонтальной поверхности с твердым покрытием на расстояние до 100 м.



Рис. 2. МРК «Сапер»

Таблица 1

Масса в снаряженном состоянии, кг	60
Размеры в транспортном положении (длина/ширина/высота), мм	900/540/400
Максимальная скорость, км/ч	3
Наибольшая грузоподъемность на вылете 1150 мм, кг	5
Наибольшее/рабочее раскрытие губок схвата, мм	200/100
Наибольшая достигаемая высота манипулятора, мм:	
• без удлинителя	1640
• с удлинителем	2100

3. «Пинчер» (рис. 3) [1, 2] создан в мае 2010 г. израильским концерном «Рафаэль». Основным достоинством «Пинчера» является тот факт, что он может нейтрализовать взрывное устройство с большого расстояния с помощью микро-ракет. Комплекс «Пинчер» оборудован дистанционным управлением и включает в себя систему наведения, миниатюрную ракетную установку с несколькими ракетами, подвижную платформу и сенсоры для обследования подозрительного предмета.

Длина стреловидных ракет, которыми вооружен «Пинчер», составляет 20 см. Они способны разрушить внешнюю оболочку взрывного устройства, заключенного в металлический корпус. За счет уникальных пиротехнических материалов после проникновения ракеты во взрывное устройство создается очень высокая температура, разрушающая взрывчатые вещества, не приводя их к взрыву. «Пинчер» может быть использован для нейтрализации взрывных устройств внутри помещений. При нейтрализа-

ции взрыва не произойдет, не будет и необходимости в транспортировке взрывного устройства в безопасное место.



Рис. 3. Робот-сапер «Пинчер»

В настоящее время в Беларуси не налажено производство собственных роботов-саперов (единственный образец, имеющийся в Министерстве по чрезвычайным ситуациям, куплен в Польше). Приобретение роботов у других стран для Республики Беларусь невыгодно из-за того, что цена на них сильно завышена и существует возможность управления роботом страной-производителем через спутник.

Научный коллектив Белорусского национального технического университета занимается проектированием и созданием современного робота-сапера, предназначенного для обнаружения, обезвреживания и транспортирования взрывоопасных предметов в безопасное место, не подвергая опасности жизни людей. Проектируемый робот будет обладать тактико-техническими характеристиками, представленными в табл. 2.

Таблица 2

Масса в снаряжении, кг	20–25
Размеры в транспортном положении (длина/ширина/высота), мм	500/512/172
Скорость, км/ч	3–5
Наибольшая грузоподъемность, кг	5

Передвигается разрабатываемый робот-сапер с помощью базы на гусеничном ходу (рис. 4). Управление базой может осуществляться в двух режимах: ручном и автономном. Для автономного режима работы комплекс оснащен

четырьмя датчиками препятствий, расположенными на базе для самостоятельного объезда преград. Электронный компас и приемник GPS позволяют роботу прокладывать траекторию и производить ее корректировку. Ручное управление роботом на небольших расстояниях и передача данных от него осуществляются по беспроводному каналу Wi-Fi соединения или с помощью проводов [3]. Для больших дистанций применяется GSM-модем. Также на комплексе планируется установить две камеры высокого разрешения с инфракрасной подсветкой для получения визуальной картины исследуемой местности.

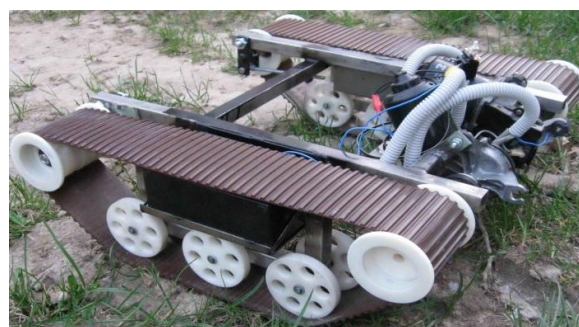


Рис. 4. Гусеничная база

Для продольной устойчивости робота-сапера и увеличения веса поднимаемого и транспортируемого груза предложено увеличить площадь соприкосновения гусеницы с землей за счет увеличения параметра  $a$  (рис. 5) путем изменения конструкции ходовой части робота.

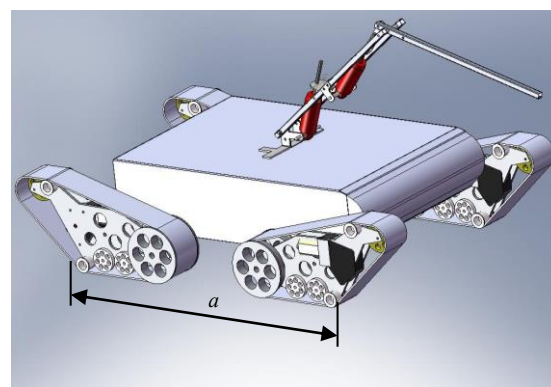


Рис. 5

Проектируемый робот будет обладать повышенной проходимостью за счет того, что каждый из модулей ходовой части имеет свой автономный привод (рис. 6) и регулируемый клиренс (рис. 7).

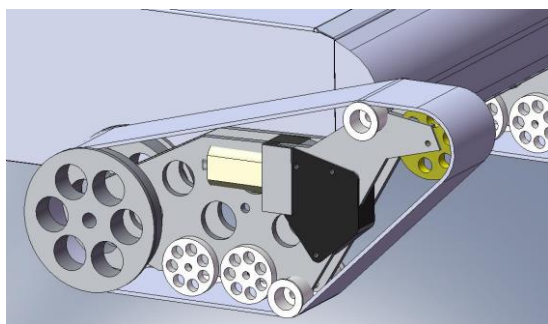


Рис. 6

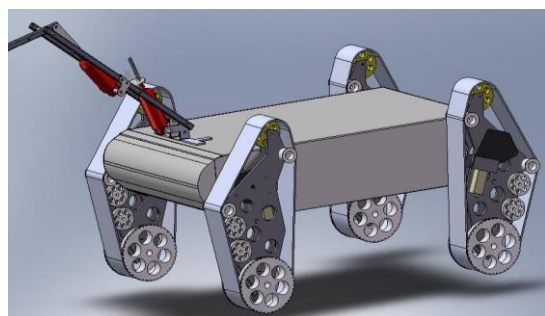


Рис. 7

Робот будет обладать и повышенной боевой живучестью: в случае разрыва гусеницы он может продолжить движение, так как крутящий момент на каждый из модулей ходовой части будет передаваться на колесо (рис. 8).

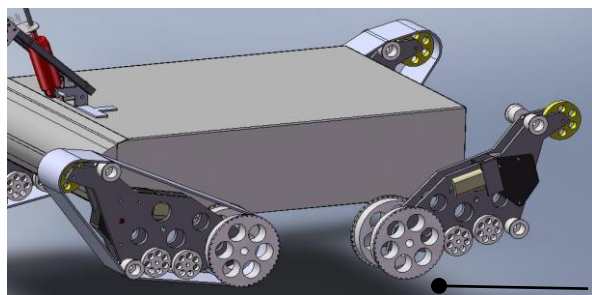


Рис. 8

## ВЫВОД

В результате выполненной модернизации разрабатываемый робот-сапер будет превосходить по тактико-техническим характеристикам все описанные выше аналоги (табл. 3).

Таблица 3

Тактико-технические характеристики	МРК «Сапер»	Dragon Runner	Разрабатываемый робот-сапер
Скорость, км/ч	3	8	10
Масса, кг	60	5	—
Грузоподъемность, кг	5	4,5	5,5
Размеры (длина/ширина/высота), мм	900/540/400	—	1180/740/300

Стоимость разработанной модели в зависимости от комплектации и материалов будет в 5–7 раз ниже стоимости идентичных аналогов.

Данный робот найдет практическое применение в инженерных войсках Министерства обороны, Министерстве по чрезвычайным ситуациям РФ и других государств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.newsland.ru/Blog/View/user/67273/id/52307/>
2. Юревич, К. И. Основы робототехники / К. И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
3. Предко, М. Устройство управления роботами: схемотехника и программирование / М. Предко. – М.: ДМК Пресс, 2005.

Поступила 22.11.2010