

УДК 629.3.018.7

А. С. Дьяков, Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин, А. Ю. Захаров, А. Б. Карташов

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ СНЕГОХОДОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Проведение экспериментальной оценки устойчивости и управляемости снегоходной мототехники позволяет оценить ее технический уровень и эксплуатационные свойства.

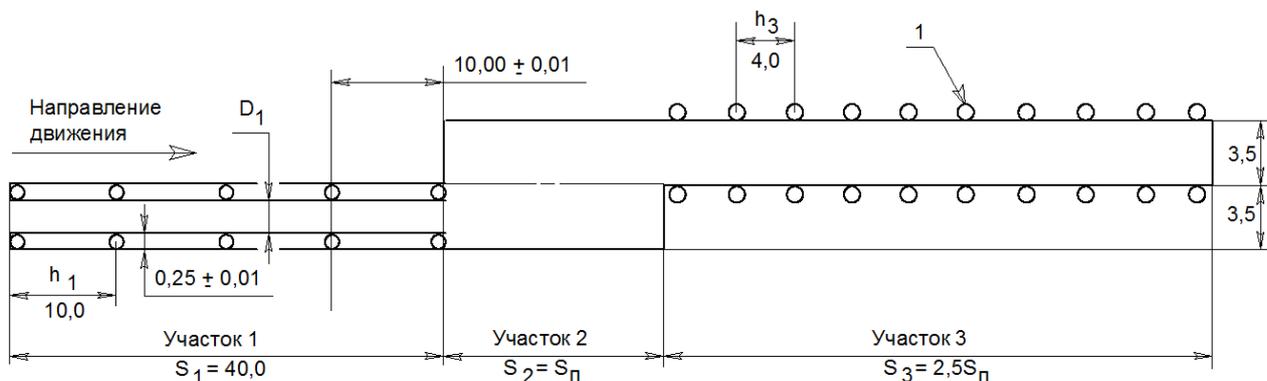
В данной работе представлены результаты экспериментальной оценки устойчивости и управляемости снегоходов отечественного производства моделей «Буран Лидер», «Тайга Варяг 550» и «Тайга Патруль 800 SWT» производства АО «Русская механика».

*Ключевые слова:* снегоход, устойчивость, управляемость, испытания, поворот, переставка.

Испытания снегоходной мототехники проводились для определения показателей, характеризующих управляемость и устойчивость снегоходов в критических режимах движения [1]. Испытания «Поворот с заданным радиусом  $Rn = 25$  м» предназначены для определения максимальной скорости маневра при входе в поворот. Испытания «Переставка  $Sn = 16$  м» предназначены для определения максимальной скорости выполнения маневра при смене траектории движения на ограниченном участке пути.

Максимальная скорость снегоходов при выполнении маневра определялась как среднее арифметическое значение скоростей трех заездов с наибольшей скоростью, при которой не было выхода за пределы разметки [2].

Разметка участков для испытаний «Поворот с заданным радиусом  $Rn = 25$  м» и «Переставка  $Sn = 16$  м» осуществлялась в соответствии со схемами, приведенными на рис. 1 и рис. 2 [3].



**Рис. 1. Разметка участка испытаний «Переставка  $Sn = 16$  м»:**

$l$  - вертикальные ограничители разметки коридоров движения;

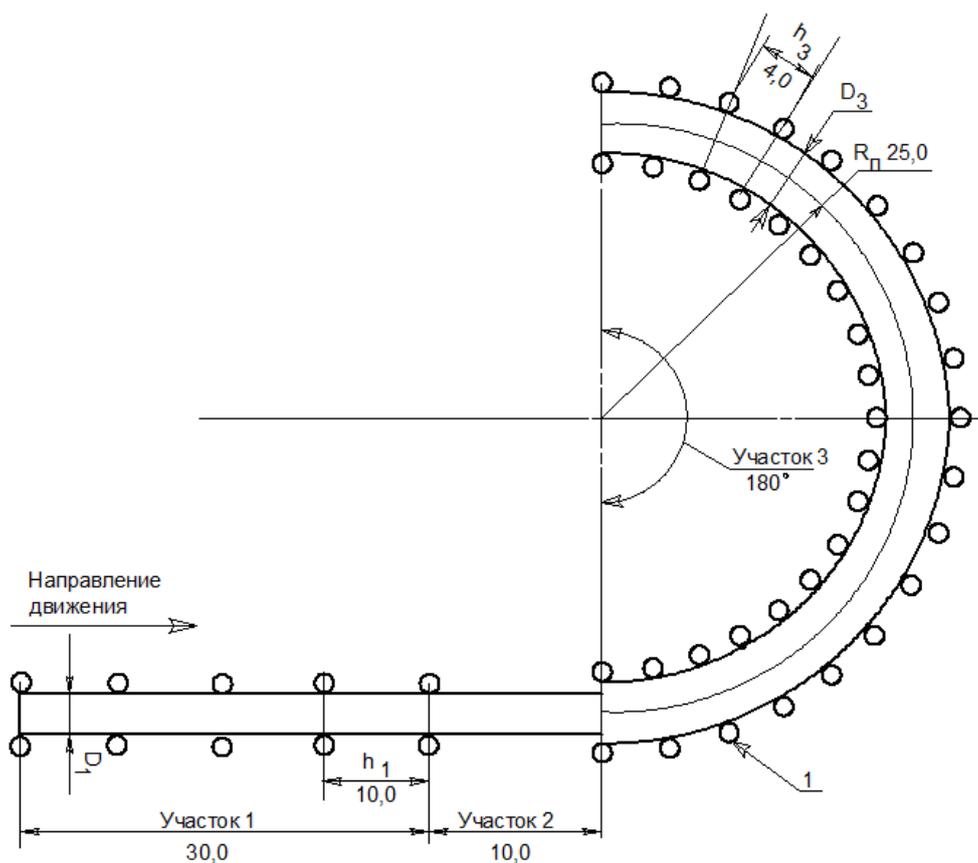
$h_1$  - шаг установки вертикальных ограничителей на участке 1 ( $h_1 = 10$  м);

$h_3$  - шаг установки вертикальных ограничителей на участке 3 ( $h_3 = 4$  м);

$D_1$  - ширина коридора на участке 1 ( $D_1 = 3$  м)

Снегоходы для испытаний прошли подготовку к нормальной эксплуатации, проведены проверки уровня топлива и других технических жидкостей. Масса водителя испытателя 80 кг и масса измерительного оборудования 3 кг.

Объектом для испытаний были определены снегоходы отечественного производства моделей «Буран Лидер», «Тайга Варяг 550» и «Тайга Патруль 800 SWT» производства АО «Русская механика», основные технические характеристики которых представлены в табл. 1.



**Рис. 2. Разметка участка испытаний «Поворот с заданным радиусом  $R_p = 25$  м»:**

- 1 - вертикальные ограничители разметки коридоров движения;
- $h_1$  - шаг установки вертикальных ограничителей на участке 1 ( $h_1 = 10$  м);
- $h_3$  - шаг установки вертикальных ограничителей на участке ( $h_3 = 4$  м);
- $D_1$  - ширина коридора на участке 1 ( $D_1 = 1,7$  м);
- $D_3$  - ширина коридора на участке 3 ( $D_3 = 3,9$  м)

**Таблица 1**

**Основные технические характеристики снегоходов**

	<b>Тайга Патруль 800 SWT</b>	<b>Буран Лидер</b>	<b>Тайга Варяг 550</b>
1	2	3	4
<b>ДВИГАТЕЛЬ</b>			
Модель	ODES V800	PM3-640	PM3-550
Объем, см <sup>3</sup> / Цилиндры	800 / 2	635 / 2	553 / 2
Мощность, л.с.	60	34	55
<b>ШАССИ</b>			
Трансмиссия	Вариатор, пониженная, повышенная, реверс, нейтраль	Вариатор, передача вперед, реверс, нейтраль	Вариатор, пониженная, повышенная, реверс, нейтраль
Тормозной механизм	Гидравлический, дисковый	Механический, дисковый	Гидравлический (либо механический по требованию Заказчика), дисковый
<b>ПОДВЕСКА</b>			
Тип передней подвески	телескопическая	эллиптическая рессора	телескопическая

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Ход передней подвески, мм	150	50	150
Амортизатор передней подвески	Гидропневматический однотрубный	–	Гидропневматический однотрубный
Передний амортизатор движителя	–	–	Гидропневматический двухтрубный
Тип задней подвески	склизовая	независ., пруж.-балансир.	склизовая
Ход задней подвески, мм	190	50	385
Задний амортизатор движителя	Гидропневматический однотрубный	–	Гидропневматический однотрубный
Колея лыж (между центрами), мм	960	–	960
Гусеница, Д×Ш×В, мм	3968х600х30	2х (2878х380х17.5) // 2х (3685х380х17.5)	3968х508х35
<b>ГАБАРИТЫ</b>			
Габариты снегохода, Д×Ш×В, мм	2990±30х1130±30х1400±30	2700±30х910±30х133 5±30 // 3100±30х910±30х133 5±30	2990±30х1050±30х1380±30
Сухая* масса, кг	350	285 // 310	280/285

Экспериментальная оценка устойчивости и управляемости снегоходов проводилась в г. Рыбинск, Ярославской области на горизонтальных участках местности с уклоном не более 1% в сухую безветренную погоду при температуре окружающего воздуха минус 6°С, атмосферном давлении 748 мм рт. ст. и относительной влажности воздуха 86 %. Покрытие мерного участка – рыхлый снег глубиной 10–13 см, снег однородный по всей глубине, с температурой минус 6 °С [4–7].

При проведении экспериментальной оценки снегоходов отечественного производства на определение устойчивости и управляемости использовался измерительный комплекс *Racelogic*, поставляющийся с программным обеспечением *VBOXTools* [8, 9]. Этот комплекс с программным обеспечением позволяет собирать и хранить полученные данные о скоростях, ускорениях, пройденном пути, траектории движения снегохода и т.д. Программное обеспечение *VBOXTools* базируется на ядре обработки данных «Report Generator» со ссылками на инструменты графического отображения, картографические инструменты и инструменты настройки *VBOX*.

Измерительный комплекс *Racelogic* устанавливался на снегоходы отечественного производства «Буряи Лидер», «Тайга Варяг 550» и «Тайга Патруль 800 SWT» и включал в себя датчики *GPS*, торможения и сам блок обработки сигналов *Racelogic*.

При выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R_n = 25$  м» замерялась максимальная скорость снегоходов на входе, выходе и во время выполнения маневра. На рис. 3 – рис. 5 представлены результаты характеристик максимальной скорости снегоходов «Буряи Лидер», «Тайга Варяг 550» и «Тайга Патруль 800 SWT», где на входе маневра - штриховая линия, на выходе из маневра - сплошная линия, середина участка маневра - штрихпунктирная линия. В окне «Map» показана траектория движения снегохода во время выполнения маневра «Поворот с заданным радиусом  $R_n = 25$  м», где вход перед маневром отмечен - х, выход из маневра отмечен - о, середина участка маневра отмечена - ■.

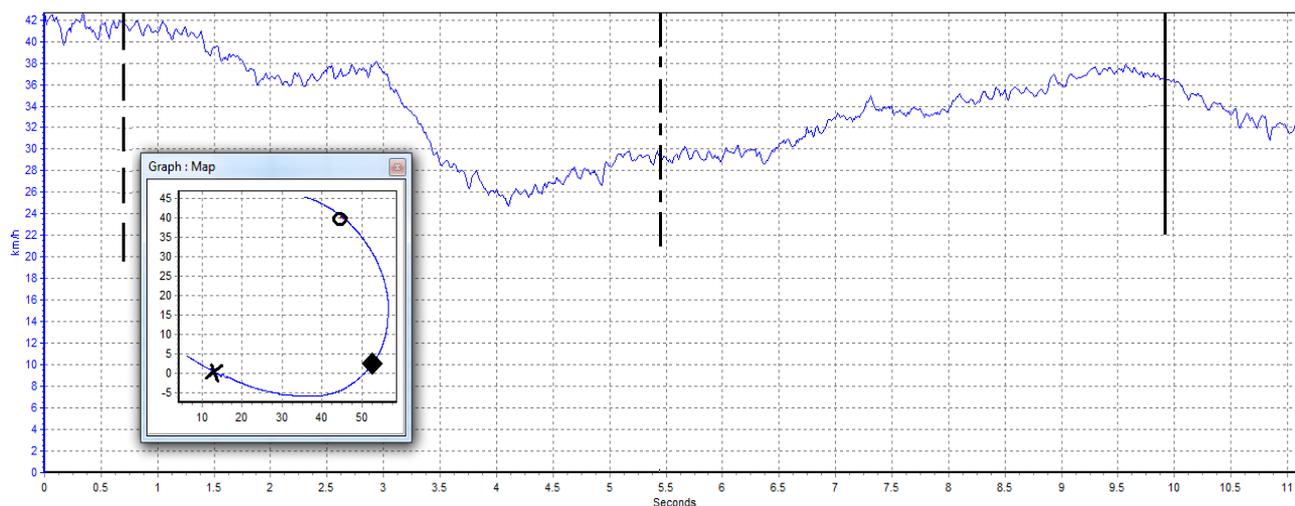


Рис. 3. Характеристика максимальной скорости снегохода «Буряк Лидер» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R = 25$  м»

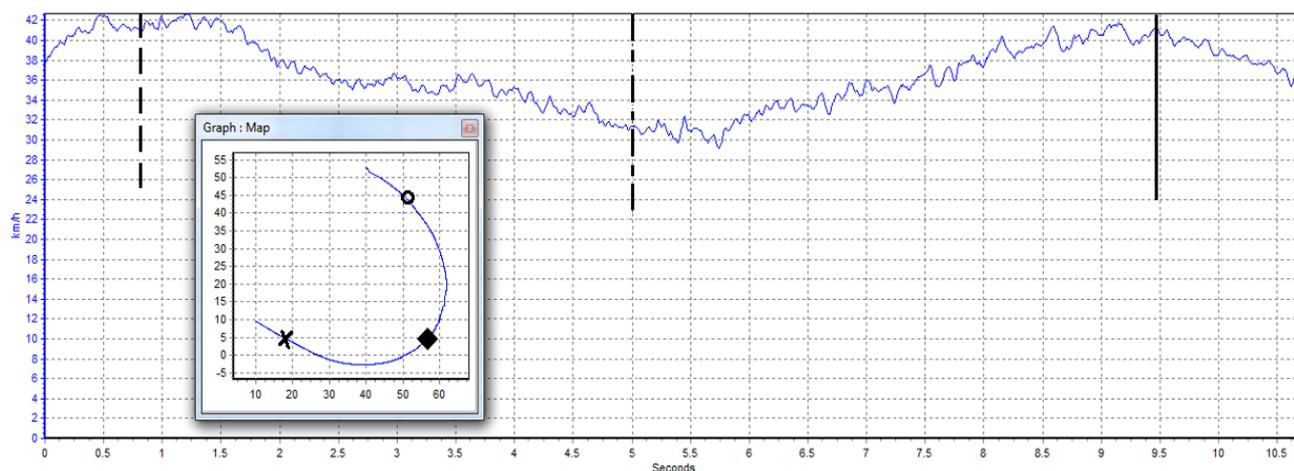


Рис. 4. Характеристика максимальной скорости снегохода «Тайга Варяг 550» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R = 25$  м»

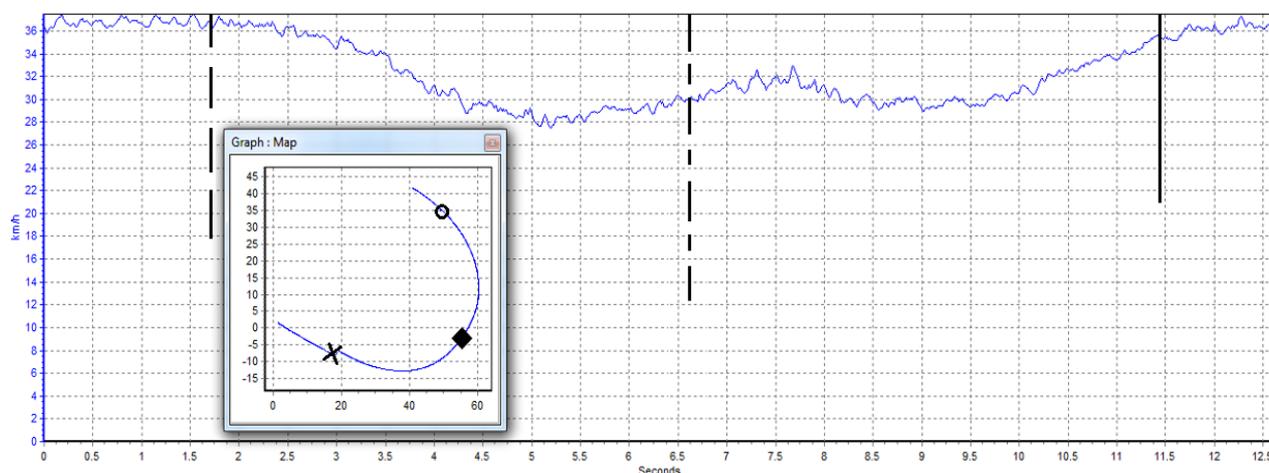


Рис. 5. Характеристика максимальной скорости снегохода «Тайга Патруль 800 SWT» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R = 25$  м»

Результаты измерений скорости снегоходов при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом» представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты измерений скорости снегоходов при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R = 25$  м»**

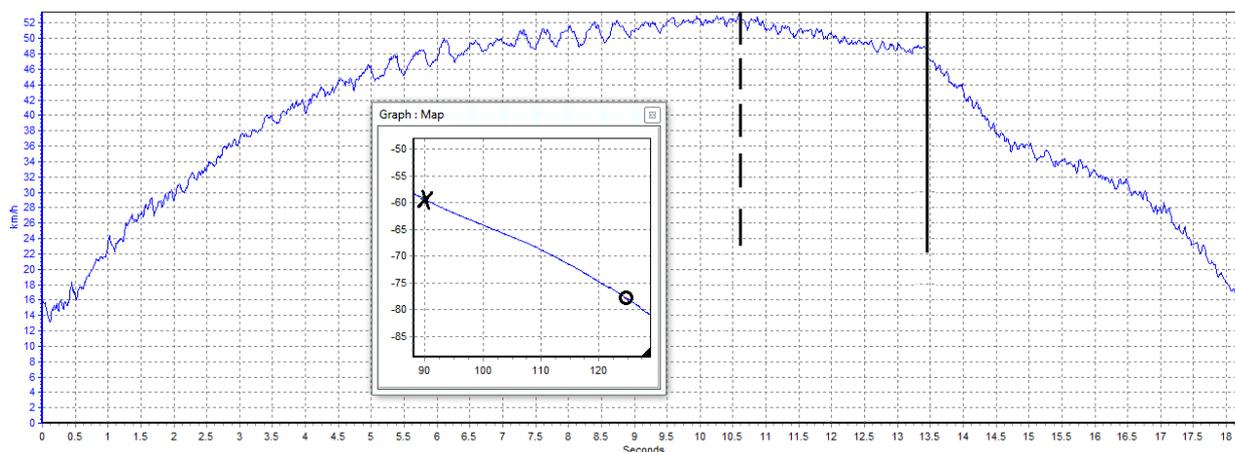
Модель снегохода	Максимальная скорость на участках маневра «Поворот», км/ч		
	На входе	Середина маневра	На выходе
Буран Лидер	41,76	29,52	36,53
Тайга Варяг 550	41	31,4	41,17
Тайга Патруль 800 SWT	36,7	35,4	30,14

Фрагменты проведения сравнительных испытаний снегоходов при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R_n = 25$  м» представлены на рис. 6.

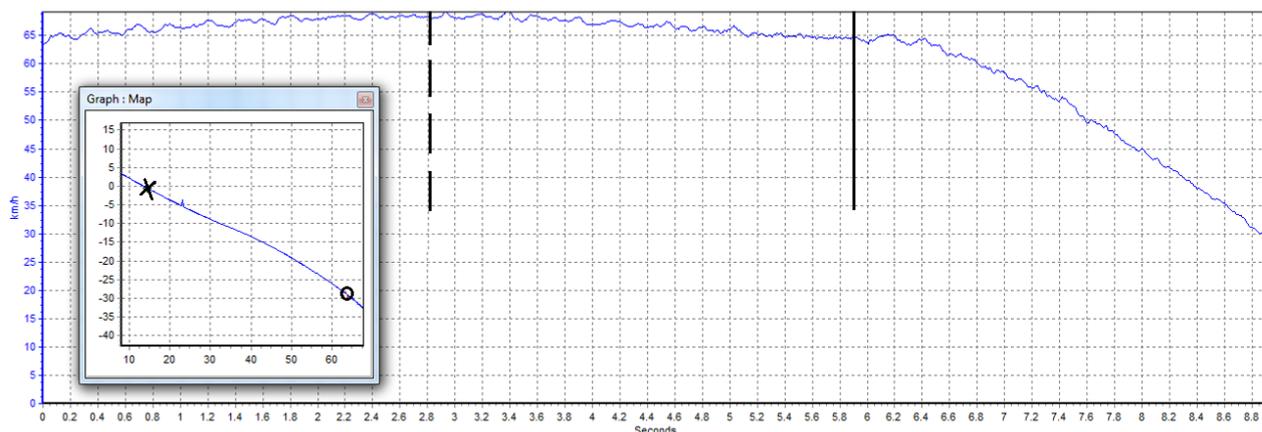


**Рис. 6. Фрагмент проведения испытаний снегоходов при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом  $R_n = 25$  м»:**  
 а - снегоход «Тайга Варяг 550»; б - снегоход «Тайга Патруль 800 SWT»

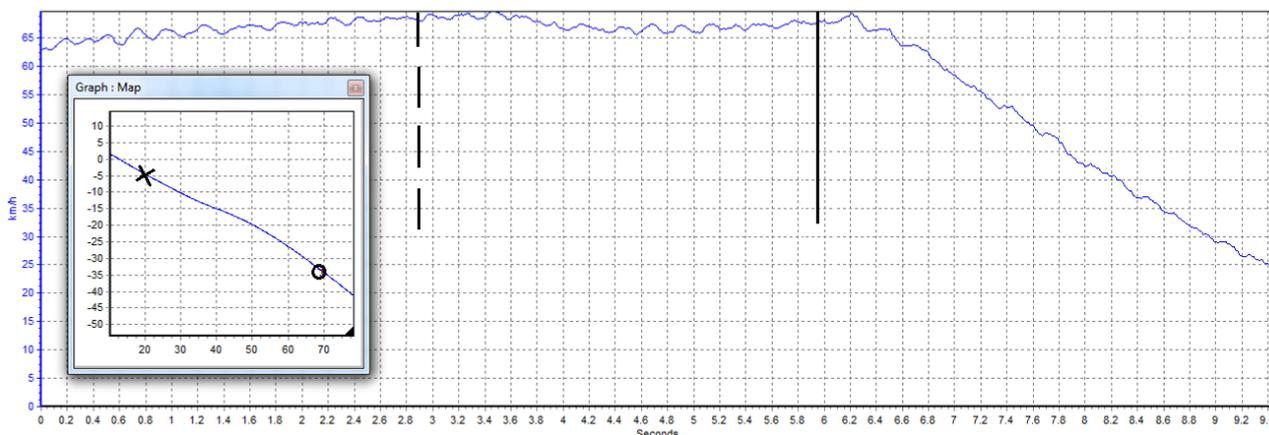
При выполнении маневра «Переставка» замерялась максимальная скорость снегоходов на входе и выходе из маневра. На рис. 7 – рис. 9 представлены результаты характеристик максимальной скорости снегоходов «Буран Лидер», «Тайга Варяг 550» и «Тайга Патруль 800 SWT» во время выполнения маневра «Переставка», где на графике штриховой линией отмечен вход перед маневром, сплошной линией отмечен выход из маневра. В окне «Map» показана траектория движения снегохода во время выполнения маневра «Переставка», где вход перед маневром отмечен - **x**, выход из маневра отмечен - **o**.



**Рис. 7. Характеристика максимальной скорости снегохода «Буран Лидер» при выполнении маневра «Переставка»**



**Рис. 8. Характеристика максимальной скорости снегохода «Тайга Варяг 550» при выполнении маневра «Переставка»**



**Рис. 9. Характеристика максимальной скорости снегохода «Тайга Патруль 800 SWT» при выполнении маневра «Переставка»**

Результаты измерений скорости снегоходов при выполнении маневра «Переставка» представлены в табл. 3

*Таблица 3*

**Результаты измерений скорости при выполнении маневра «Переставка»**

Модель снегохода	Максимальная скорость на участках маневра «Переставка», км/ч	
	На входе	На выходе
Буран Лидер	53,4	48,7
Тайга Варяг 550	68,1	64,65
Тайга Патруль 800 SWT	68,16	68,03

Фрагменты проведения сравнительных испытаний снегоходов при выполнении маневра «Переставка» представлены на рис. 10.



**Рис. 10. Фрагмент проведения испытаний снегоходов при выполнении маневра «Переставка»:**

*а* - снегоход «Тайга Варяг 550»;  
*б* - снегоход «Тайга Патруль 800 SWT»

### Выводы

Максимальная скорость снегохода «Буран Лидер» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом» ( $Rn = 25$  м) составила на входе 41,76 км/ч (штриховая линия), на выходе 36,53 км/ч (сплошная линия), середина участка маневра 29,52 км/ч (штрихпунктирная линия).

Максимальная скорость снегохода «Тайга Варяг 550» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом» ( $Rn = 25$  м) составила на входе 41 км/ч (штриховая линия), на выходе 41,17 км/ч (сплошная линия), середина участка маневра 31,4 км/ч (штрихпунктирная линия).

Максимальная скорость снегохода «Тайга Патруль 800 SWT» при выполнении маневра «Поворот с заданным радиусом» ( $Rn = 25$  м) составила на входе 36,7 км/ч (штриховая линия), на выходе 35,4 км/ч (сплошная линия), середина участка маневра 30,14 км/ч (штрихпунктирная линия).

Максимальная скорость снегохода «Буран Лидер» при выполнении маневра «Переставка» на входе перед маневром 53,4 км/ч (штриховая линия), на выходе из маневра 48,7 км/ч (сплошная линия).

Максимальная скорость снегохода «Тайга Варяг 550» при выполнении маневра «Переставка» на входе перед маневром 68,1 км/ч (штриховая линия), на выходе из маневра 64,65 км/ч (сплошная линия).

Максимальная скорость снегохода «Тайга Патруль 800 SWT» при выполнении маневра «Переставка» на входе перед маневром 68,16 км/ч (штриховая линия), на выходе из маневра 68,03 км/ч (сплошная линия).

*Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Минобрнауки России по Соглашению №14.577.21.0272 (Уникальный идентификатор работ: RFMEFI57717X0272).*

### Библиографический список

1. Мухамадьяров, Ф.Ф. Конструкция снегоходов: учеб. пособие / Ф.Ф. Мухамадьяров, А.И. Чупраков, С.А. Романов. – Киров, 2016.
2. ГОСТ Р 50944-2011 Снегоходы. Технические требования и методы испытаний. – М., 2011.
3. ГОСТ Р 52302-2004 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М., 2004.

4. **Макаров, В.С.** Снег как полотно пути для транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 21–24.
5. **Беляков, В.В.** Полотно пути транспортно-технологических машин (справочные материалы к теории «машина-местность»): учебник / В.В. Беляков, А.А. Куркин; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 447 с.
6. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 72–77.
7. **Береснев, П.О.** Обеспечение экологической безопасности движения вездеходных машин на местности / П.О. Береснев [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2016. – №12. – С. 24–35.
8. **Obertov, D.** Vehicle speed estimation using roadside sensors / D. Obertov, V. Bardov, B. Andrievsky // В сборнике: International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops 6. Сеп. "2014 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, ICUMT 2014." 2015. – С. 111–117.
9. **Plueddeman, C.** Snowmobiles winter warriors chill out // Popular Mechanics. – 1991. – Т. 168. – №3. – С. 86–87.

*Дата поступления  
в редакцию 14.02.2018*

**A.S. Dyakov, E.E. Klubnichkin, V.E. Kubnichkin, A.Yu. Zakharov, A.B. Kartashov**

## **EXPERIMENTAL ESTIMATION OF STABILITY AND CONTROL OF SNOWMOBILES OF DOMESTIC PRODUCTION**

Bauman Moscow state technical university

**Purpose:** To assess experimentally the stability and controllability of domestic production of snowmobiles.

**Objectives:** Conducting a test to determine the stability and controllability of snowmobile motor vehicles of domestic production.

**Conclusions:** The results of the assessment of the stability and controllability of snowmobile motor vehicles of the domestic manufacturer JSC "Russian mechanics" models: "Buran Leader", "Taiga Varyag 550" and "Taiga Patrol 800 SWT" allowing to assess its technical level and operational properties.

**Research limitations/implications:** This study is the starting point for continuing experimental studies of snowmobile motor vehicles.

*Key words:* snowmobile, stability, controllability, tests, rotation, rearrangement.