

Научная статья  
УДК 351.814.12

## Аэродромные снегоочистители, универсальность или экономия затрат

Сергей Аркадьевич Павлов<sup>1</sup>, Александра Михайловна Погонина<sup>2</sup>

Евгений Дмитриевич Тимофеев<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),  
Москва, Россия

<sup>1</sup>blp1stw@ya.ru

<sup>2</sup>shur-shu@mail.ru

<sup>3</sup>EvgenyTimofeev2857@yandex.ru

**Аннотация.** Аэродромные снегоочистители – это техника, обеспечивающая безопасность и в принципе возможность пассажиро- и грузоперевозок воздушным транспортом в зимний период. Подобная техника имеет очень большую производительность, это обуславливается спецификой воздушного транспорта. График взлетов и посадок на взлетно-посадочную полосу (ВПП) поминутно спланирован. Поэтому скоростная очистка ВПП от снега позволяет минимизировать временные и денежные потери. В связи с высокими требованиями к аэродромным снегоочистителям авторами статьи проведено сравнение существующих моделей техники по основным параметрам, выбраны наиболее рациональные из них. В статье приведены описания рассматриваемых моделей аэродромных снегоочистителей с конструктивными особенностями, повышающими конкурентоспособность техники на рынке, а также иллюстрации каждой машины, дополняющие приведенные пояснения. Сделаны выводы о проделанной работе, отражающие достигнутую цель и полезность статьи для потенциального покупателя данного вида техники.

**Ключевые слова:** аэродромные снегоочистители, аэродром, очистка ВПП от снега, безопасность полетов, скоростная очистка.

**Для цитирования:** Павлов С.А., Погонина А.М., Тимофеев Е.Д. Аэродромные снегоочистители, универсальность или экономия затрат // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2026. № 1 (47).

Original article

## Airfield snowplows, versatility or cost savings

Sergey A. Pavlov<sup>1</sup>, Alexandra M. Pogonina<sup>2</sup> Evgeny D. Timofeev<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

<sup>1</sup>blp1stw@ya.ru

<sup>2</sup>shur-shu@mail.ru

<sup>3</sup>EvgenyTimofeev2857@yandex.ru

**Abstract.** Airfield snowplows are equipment that ensures safety and, in principle, the possibility of passenger and cargo transportation by air in winter. Such equipment has a very high productivity, due to the specifics of air transport. The runway take-off and landing schedule is planned minute by minute. Therefore, high-speed cleaning of the runway from snow makes it possible to minimize time and money losses. Due to the high requirements for airfield snowplows, the authors of the article compared existing models of equipment according to the main parameters, and selected the most rational ones. The article provides descriptions of the considered models of airfield snowplows with design features that increase the competitiveness of equipment in the market, as well as illustrations of each machine, complementing the explanations provided. Conclusions are drawn about the work done, reflecting the achieved goal and the usefulness of the article for a potential buyer of this type of equipment.

**Keywords:** airfield snowplows, airfield, runway snow removal, flight safety, high-speed cleaning.

**For citation:** Pavlov S.A., Pogonina A.M., Timofeev E.D. Airfield snowplows, versatility or cost savings. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2026. № 1 (47).

### Введение

В современных аэропортах с высокой загрузкой комплекса взлетно-посадочных полос решение вопроса очистки от снега в зимний период остается актуальным для наземных аэродромных служб и аэропорта в целом.

### Описание и сравнение существующей техники

Основной единицей техники, предназначенной для скоростной очистки поверхности взлетно-посадочной полосы (ВВП) от снега, остается аэродромный снегоочиститель – плужная щеточно-продувочная машина. Передний плуг отбрасывает основную массу снега, цилиндрическая щетка сметает оставшуюся снежную массу после плуга, а воздушное сопло потоком воздуха зачищает покрытие (рис. 1).



*Рис. 1. Плужная щеточно-продувочная машина на одноосном тягаче Vattas*

Конструкция машины состоит из двух основных частей: тягача (универсального модельного седельного или специального одноосного или двухосного). Именно тяговые характеристики основного двигателя тягача позволяют обеспечить скорость движения при уборке ВПП, а вес тягача – сцепление с поверхностью. Вторая часть – это прицеп или полуприцеп, несущий на своей раме щеточное и продувочное оборудование, которое запитано от второго двигателя, устанавливаемого впереди продувочного агрегата или в передней части рамы конструкции, для увеличения сцепного веса, приходящегося на тягач [1, 2].

Расчет необходимого количества таких машин для зимнего содержания комплекса ВПП проводят, исходя из условий подготовки к полетам основных элементов летного поля в установленные сроки. Своевременное и полное удаление снега и предотвращение обледенения предусматривают использование таких машин.

В обычном процессе выбора оборудования для удаления снега и предотвращения обледенения в аэропорте администрация учитывает значительное количество факторов. Наиболее важными из них являются:

- 1) экономические соображения: изыскание финансовых ресурсов и затрат;
- 2) размер объекта: площадь, подлежащая обслуживанию, и количество операций;
- 3) запасные части и средства ремонта: меры по ремонту и обслуживанию, наличие обслуживания и запасных частей;
- 4) погода: выпадение снега, температура, переход температуры через нулевую отметку и возможности образования льда.

Существуют разные подходы к уборке ВПП, однако бесспорным является фактор зависимости ширины очистки полосы от категории воздушных средств (ВС). Наиболее безопасный подход – это очистка полосы на всю ширину. Минимальная ширина очистки составляет 30 метров (по 15 метров от осевой линии влево и вправо для всех самолетов, поскольку

колея основных стоек шасси вписывается именно в этот размер). Однако для очистки ВПП этого не достаточно, поскольку существует множество факторов, приводящих к отклонению воздушного судна от осевой линии полосы в момент посадки. Оператору аэропорта следует уточнить требования к минимальной ширине очистки взлетно-посадочной полосы. Хотя глубина загрязнений может варьироваться от центральной очищенной части до остальных частей взлетно-посадочной полосы по длине и ширине, состояние удаленных частей ВПП не должно представлять опасности для ВС [3].

На начальном этапе следует использовать плужные щеточно-продувочные машины, чтобы удалить максимальный объем скоплений снежных масс и очистить ВПП, насколько это возможно. У оператора аэропорта появляются вопросы – какую технику закупить перед зимой, что будет основным фактором для выбора техники, увеличить затраты на покупку или закупить универсальную технику?

Обсуждение этих вопросов требует определенного аналитического подхода с использованием статистического анализа параметров техники. К сожалению, не все производители аэродромных машин для очистки ВПП дают полные характеристики с перечислением всех необходимых параметров, и некоторые так не удалось найти, поэтому рассмотрены типовые модели аэродромных плужных щеточно-продувочных машин, наиболее часто используемые в аэропортах по всему миру [4, 5].

Модели этих машин приведены на рис. 2–5.



Рис. 2. Плужная щеточно-продувочная машина Vammas серия SB

## Наземные транспортно-технологические средства и комплексы

Модель очистителя Vammass SB 4500 сконструирована так, чтобы взаимодействовать с наиболее популярным видом тягачей – седельным.



Рис. 3. Плужная щеточно-продувочная машина Aebi Schmidt



Рис. 4. Плужная щеточно-продувочная машина Øveraasen



Рис. 5. Плужная щеточно-продувочная машина Boschung

В таблице 1 представлены основные размеры и масса аэродромных снегоочистителей.

Таблица 1

Основные параметры образцов техники

Параметры	Производители			
	Vammass	Aebi Schmidt	Øveraasen	Boschung
Длина с тягачом в рабочем положении, м	21,1	14	23	12,9
Ширина в рабочем положении, м	7,5	4,75	8,1	7,12
Ширина транспортировки, м	2,6	н/н	3,9	5,7
Высота, м	3,7	3,7	4	3,76
Диаметр щетки, мм	1170	914	1170	1170
Колесная база, м	10,5	н/н	н/н	6,85
Радиус поворота, м	10,6	9	9,75	9,48
Общая масса, т	32,6	28	30	35

н/н – информация не найдена

В таблице 1 ширина рабочего положения соответствует ситуации, когда машина оснащена снегоочистителем и плугом, установленным под номинальным рабочим углом, обычно составляющим 30-35 градусов.

Машины фирм Aebi Schmidt и Boschung значительно меньше по общей длине от двух других моделей. Объяснить это можно тем, что шасси этих фирм непосредственно представляет серийно выпускаемые грузовики, которые являются наиболее короткими по длине. Обычно более длинные тягачи имеют большой радиус поворота, а поскольку машины Vammas и Øveraasen значительно длиннее, следовательно, в маневренности они уступают моделям с короткими тягачами. Однако благодаря конструкторским решениям в области рулевого управления, над которыми поработали конструкторы Vammas и Øveraasen, радиус поворота этих моделей больше всего на 1-1,5 метра. Vammas также имеет рулевую ось спереди и шарнирное рулевое управление сзади, что значительно снижает радиус поворота. Без этих решений радиус поворота составлял бы порядка 13 метров [6].

Модель Øveraasen для буксировки использует обычный грузовой тягач-носитель, который оснащен рулевой осью спереди, а полуприцеп крепится к тягачу с помощью седла. Поэтому маневренность этой машины невысокая. Несмотря на то, что машина Boschung является самой короткой в группе и оснащена системой рулевого управления на четыре колеса для повышения маневренности, у нее не минимальный радиус поворота. Это единственная модель с полным приводом, что увеличивает радиус поворота, поскольку максимальный угол поворота передних колес ограничен из-за приводных валов.

Судя по ширине в рабочем положении, модель Aebi Schmidt является более узкой, чем три другие, что связано с шириной плуга и щетки.

Ширина в рабочем положении трех других машин примерно одинаковая, но сильно различается при транспортировке. В интернете нет информации о ширине транспортировки для Aebi Schmidt, но поскольку машины Boschung, и Aebi Schmidt компактны по своей конструкции, а ширина транспортировки у

Boschung равна ширине очистке щеткой (табл. 2), то можно ожидать, что ширина при транспортировке для Aebi Schmidt будет близка к Boschung.

На итоговое качество уборки покрытия непосредственное влияние будут оказывать щетка и воздуходувка, расположенные на полуприцепном агрегате, поэтому проанализируем параметры эксплуатации машин, влияющие на эффективность работы (табл. 2).

В таблице 2 представлены некоторые ключевые параметры, влияющие на эффективность работы машин. За исключением Øveraasen, все остальные машины могут работать со скоростью 60 км/ч при уборке снега со взлетно-посадочной полосы. Øveraasen развивает максимальную скорость до 65 км/ч, что делает её самой быстрой машиной в группе. Ширина уборки снега определяет какую площадь могут расчистить плуг и щетка за один проход. Также у машины Øveraasen самая большая рабочая площадь уборки, поскольку ширина очистки и подметания самая широкая.

Таблица 2

Параметры эксплуатации образцов техники

Параметры	Производители			
	Vammas	Aebi Schmidt	Øveraasen	Boschung
Скорость рабочая, макс., км/ч	60	60	65	60
Скорость трансп., макс., км/ч	80	80	80	80
Ширина очистки плугом, м	6,7	4,75	8,1	7,12
Ширина очистки щеткой, м	5,5	3,56	7,5	5,7
Производительность очистки, м <sup>2</sup> /ч	330000	213600	487500	342000
Производительность воздуходувки, м <sup>3</sup> /ч	39600	н/н	60000	50400
Толщина убираемого снега, м	0,02	н/н	н/н	0,15
Плотность снега, кг/м <sup>3</sup>	500	н/н	н/н	400
Скорость при максимальной толщине и плотности снега, км/ч	37	н/н	н/н	40
Уровень шума в кабине, дБ	75	н/н	н/н	85
Уровень шума внешний, дБ	105	н/н	н/н	118

н/н – информация не найдена

Что касается ширины подметания щеткой, модель Øveraasen имеет преимущество в два метра перед моделью Vammas и почти такое же

преимущество перед Boschung. Комбинируя ширину подметания и максимальную рабочую скорость машины, можно рассчитать максимальную производительность подметания. Поскольку техника Overaasen обладает как более высокой максимальной скоростью, так и более широкой зоной подметания, производительность подметания на 40-50% выше по сравнению с Vammass и Boschung, это означает, что количество машин, работающих на взлетно-посадочной полосе, при патрульной очистке от снега может быть сокращено по сравнению с другими моделями производителей [7].

Исходя из расчетов, для очистки взлетно-посадочной полосы шириной 45 метров, потребовалось бы минимум 9 спецмашин Vammass, 8 Boschung и всего 6 машин Overaasen. Поскольку у Aebi Schmidt очень узкая ширина расчистки, для выполнения этой задачи потребовалось бы 13 единиц техники.

При анализе производительности воздуходувки, максимальная наблюдается у вентилятора Overaasen, за которым следует Boschung, а затем Vammass. Возможно предположить, что разница между Vammass и Overaasen обусловлена большей шириной расчистки снега, поскольку при работе с Overaasen воздуходувке приходится покрывать большую площадь. Необходимость увеличения мощности вентилятора в машине Boschung объясняется другим расположением сопел для обдува щеточного оборудования. В то время как у Boschung сопла расположены как на передней, так и на задней стороне щетки (система Quattro-jet), у других машин есть сопла только за щеткой.

Основным назначением воздуходувки является окончательное удаление снега с поверхности полосы, который остается после работы плуга и щетки. Однако компания Boschung использует дополнительные насадки-сопла, расположенные перед щеткой, для более эффективного отвода снега в сторону, тем самым уменьшая угол установки щетки в плане. За счет этого ширина уборки машиной Boschung увеличивается [8].

Только два производителя Vammass и Boschung поделились

информацией о максимальной снежной загрузке в процессе эксплуатации. Boschung, по-видимому, обладает гораздо большими возможностями, чем Vammas, поскольку может обрабатывать значительно большую снежную загрузку и даже с несколько большей скоростью. Поскольку разница настолько велика, а доступная мощность двигателя у двух машин одинакова, возникает вопрос, одинаково ли производители определяют максимальную загрузку. Например, определяется ли более высокая максимальная загрузка Boschung как мгновенная загрузка для короткой дистанции уборки или машина может выдерживать эту загрузку на протяжении всей взлетно-посадочной полосы. Тем не менее, у Boshung есть привод на четыре колеса, что обеспечивает большее тяговое усилие, что может увеличить максимальную мощность [9].

С точки зрения оператора, очень важно сравнить уровни шума машин, поскольку существует множество элементов, производящих громкие звуки. Информация по уровням шума была найдена только для Vammas и Boschung.

Уровень шума в кабине машины Boschung значительно выше, чем у Vammas, что связано с другой компоновкой машин. Шасси Boschung относительно короткое, по сравнению с Vammas, что и повышает уровень шума в кабине водителя.

Кроме того, поскольку мощность вентилятора выше, так как в машине Boshung больше сопел для обдува, предполагается, что они обеспечивают более высокий общий уровень шума и, следовательно, уровень шума как в кабине, так и за ее пределами, выше.

Все машины оснащены двумя отдельными двигателями: один используется для приведения в движение, а другой приводит в действие вспомогательные системы, необходимые для создания воздушного потока и вращения щетки.

В таблице 3 представлена основная информация о силовых агрегатах каждой машины.

Таблица 3

Параметры и характеристики тягачей

Параметры и характеристики	Производители			
	Vammas	Aebi Schmidt	Øveraasen	Boschung
Производитель двигателя тягача/оборудования	Volvo Penta/ Volvo Penta	MAN/ Mercedes Benz	Mercedes Benz/ Volvo Penta	Mercedes Benz/ Mercedes Benz
Мощность двигателя, кВт	345	235	390	330
Мощность 2-го двигателя, кВт	345	260	405	330
Объем топливного бака, л	1160	600	1550	1000
Тип трансмиссии	Автомат	н/н	Автомат	Автомат
Альтернативное топливо	ГРМ*	н/н	ГРМ	ГРМ

\* – ГРМ – гидроочищенное растительное масло

На некоторых машинах приводной и вспомогательный двигатели одного производителя, в то время как на других используют двигатели разных производителей. Естественно, что для Vammas и Boschung приводной двигатель того же производителя, как у шасси тягача-носителя.

Наименее мощной машиной является Aebi Schmidt, что вполне ожидаемо, поскольку она имеет значительно меньшую ширину расчистки снега и, следовательно, потребность в мощности ниже. Следуя аналогичной тенденции, самой мощной машиной является Øveraasen, поскольку она имеет самую большую ширину расчистки снега с большим отрывом.

Однако машина Boschung оснащена двигателями меньшей мощности, чем у Vammas, несмотря на то что она имеет несколько большую ширину снегоуборочной полосы и значительно большую мощность вентилятора. Возможные причины этого могут быть следующие: либо компания Vammas настроила машину экономично, с дополнительным запасом хода, либо компания Boschung использует более эффективные вспомогательные компоненты для воздухоудвки и машины. В любом случае, машина Boschung, похоже, способна выполнять ту же задачу с меньшей мощностью двигателя.

Размер топливного бака, естественно, зависит от максимальной

мощности двигателя. Упрощенное исследование эффективности машины можно провести, предположив, что при максимальной рабочей частоте вращения как основной, так и вспомогательный двигатели работают на максимальной мощности.

Это зависит, например, от снежной загрузки, но дает хорошую оценку как работают машины в сравнении друг с другом. Для более точного сравнения потребовались бы эксплуатационные данные по всем машинам, а такие данные недоступны. Предположим, что расход топлива составляет 200 г/кВтч, что является подходящим значением для работы с полной загрузкой, поскольку обычно расход варьируется от 190 до 200 г/кВтч на полной мощности.

Естественно, различные двигатели могут отличаться по топливной экономичности, но поскольку эти данные были недоступны, для всех двигателей использовали одно значение. На основе мощности при полной загрузке и при плотности дизельного топлива 0,832 кг/л расчетный максимальный расход топлива получился в первой строке таблицы 4. Максимальный расход топлива при совместном расходе как на основной, так и на вспомогательный двигатели и, как ожидается, при максимальной мощности, приводит к максимальному расходу в час. При этом у Øveraasen самый высокий общий расход топлива, а также самая высокая производительность по уборке снега.

Таблица 4

Расчетные параметры

Расчетные параметры	Производители			
	Vammas	Aebi Schmidt	Øveraasen	Boschung
Расход топлива, л/ч	166	119	191	159
Межзаправочные интервалы при максимальной загрузке, ч	7,0	5,0	8,1	6,3
Площадь уборки на литр топлива, м <sup>2</sup>	1990	1795	2551	2156

Сопоставив расчетный максимальный расход с объемом топливного

бака, можно увидеть, что, несмотря на самый высокий расход топлива у модели Overaasen, интервал заправки у нее по-прежнему самый длительный.

При максимальной мощности заправка будет производиться каждые 8 часов, а затем у Vammas – каждые 7 часов. Еще интереснее, используя максимальную мощность уборки вместе с расчетным расходом топлива, можно рассчитать расход топлива на площадь уборки.

Если посмотреть на площадь уборки на один литр топлива, то видно, что Overaasen обладает самой высокой эффективностью работы с большим отрывом, поскольку площадь уборки на литр топлива у нее на 20-30% больше по сравнению с Boschung и Vammas, соответственно. Несмотря на то, что этот пример расчета эффективности техники предполагает и упрощает многие вещи, эффективность Overaasen, тем не менее, самая высокая, поскольку площадь расчистки более чем на 40 процентов больше, а расход топлива не будет таким же высоким.

В случаях низкой загрузки двигателя эффективность, скорее всего, также будет выше у модели Overaasen, поскольку КПД дизельного двигателя самый высокий, чуть ниже максимального крутящего момента, а при приближении к режиму низкой загрузки, КПД снижается. Следовательно, большая площадь расчистки от снега увеличивает нагрузку на двигатель и повышает топливную экономичность.

Поскольку альтернативные виды топлива в настоящее время являются актуальным вопросом, все машины, за исключением Aebi Schmidt, могут работать на возобновляемом гидроочищенном растительном масле в качестве прямой замены стандартного дизельного топлива. Скорее всего, Aebi Schmidt также может работать на нем, но об этом не найдено никакой информации.

Vammas может быть оснащен даже водородным двигателем, и компания Boschung провела обзор вариантов переоборудования своей машины для использования водорода. Поскольку компания Boschung производит собственное шасси, оно может быть свободно переведено на

модифицированное топливо, которое в свою очередь позволит использовать двигатели других производителей. Таким образом, на их машину также может быть установлен двигатель, работающий на водороде.

Аналогичным образом, Aebi Schmidt производит собственное шасси, чтобы, возможно, переоборудовать свою машину для использования водорода, но подтверждений этому не было найдено.

Значительный интерес представляют также модели техники, используемые в США и Канаде. Среди основных брендов – это тягачи Oshkosh (рис. 6) и Snow Mauler канадской фирмы Wausau (рис. 7). Однако информацию о подробных характеристиках и параметрах этой техники найти не удалось. Известно лишь, что ширина отвала Snow Mauler 7,62 м, ширина щетки 6,7 м, мощность двигателя тягача 290 кВт, а скорость до 70 км/ч. Судя по данным параметрам, можно вполне предположить, что данная техника все же уступает не только по техническим, но и расчетным параметрам норвежскому производителю Øveraasen. Следует отметить, что американская и канадская техника конструктивно отличаются модульностью и каждый из модулей может работать сам по себе и в сочетании с другим оборудованием. Например, полуприцепной модуль можно закрепить на любой тягач с помощью буксировочного устройства, исключая применение седельного тягача, а модуль тягача-носителя использовать как трактор, с любым навесным оборудованием спереди (фрезерно-роторное оборудование, отдельная крупногабаритная цилиндрическая щетка) [10].



*Рис. 6. Плужная щеточно-продувочная машина Oshkosh*



Рис. 7. Плужная щеточно-продувочная машина Snow Mauler

### Выводы

Таким образом, фирма Boschung располагает самой универсальной машиной среди проанализированных и, возможно, сможет заменить некоторые другие машины из сервисного парка своей функциональностью. Не стоит сбрасывать со счетов и модульность американских и канадских машин, которые в разных вариантах можно использовать под другие виды эксплуатационного содержания взлетно-посадочных полос. Что касается общих затрат, то выполнять работы по очистке ВПП можно, используя на 20–30 процентов меньше машин Øveraasen, чем Vammas и Boschung, размер парка такой техники управляющей компанией может быть сокращен, что потенциально снизит общие инвестиционные затраты аэропорта.

### Список источников

1. Зелепукин, Д. Н. Анализ средств механизации уборки снега на аэродроме / Д. Н. Зелепукин, А. А. Мезенов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института, Новосибирск, 11–12 ноября 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 110-115. – EDN UNXMBF.
2. Ефремова, О. Е. Современные технические средства для сбора и утилизации снежной массы / О. Е. Ефремова, О. Е. Фалова // Технические науки: проблемы и решения : сборник статей по материалам LXV международной научно-практической конференции,

Москва, 21 октября 2022 года. Том 10 (60). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2022. – С. 5-9. – EDN LRRLSV.

3. Корепанов, Т. Д. Особенности эксплуатации аэродромов в условиях юга России / Т. Д. Корепанов, А. А. Кнышов, С. В. Турдаков // Евразийское Научное Объединение. – 2019. – № 4-2(50). – С. 106-108. – EDN НОВГОJ.

4. Гайнуллин, И. Ф. Повышение качества обслуживания аэродромов при приоритетной схеме очистки / И. Ф. Гайнуллин // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований : Материалы XXXII международной научно-практической конференции, Bengaluru, India, 04–05 июля 2023 года. – Bengaluru, India: Pothi.com, 2023. – С. 70-71. – EDN VBENTA.

5. Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов / А. В. Вавилов, А. М. Щемелев, Д. И. Бочкарев [и др.]. – Минск : Белорусский национальный технический университет, 2003. – 408 с. – EDN HNCJGK.

6. Новов, В. Д. Проектирование щеточно-продувочной машины для содержания аэродрома / В. Д. Новов, И. М. Чупанисаев, А. М. Погонина // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, Донецк, 25 мая 2023 года. – Донецк: ДАТ, 2023. – С. 26-28.

7. Operation of a snow-plough-sweeper-blower: VTT Research Report ; VTT-R-00625-24 / Tino Tuominen, Rantala Seppo, Tommi Muona, Rasmus Pettinen. – Esbo : VTT, 2024. – 32 p.

8. Saska, M. Trajectory Planning and Control for Airport Snow Sweeping by Autonomous Formations of Ploughs / M. Saska, V. Vonásek, L. Přeučil // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 2013. – Vol. 72, No. 2. – P. 239-261. – DOI 10.1007/s10846-013-9829-3. – EDN HNSBNI.

9. Kazda, T. Airport Winter Operation / T. Kazda, B. Caves. – Emerald Group Publishing Limited, 2015. – DOI <https://doi.org/10.1108/978-1-78441-870-020153018>.

10. The method of division and classification quantification for snow and ice removal on airport pavement / Yp. Zhang, Y. Zhang, Xq. Xing et al. // Green Connected Automated Transportation and Safety: Proceedings of the 11th International Conference on Green Intelligent Transportation Systems and Safety. – Singapore : Springer Singapore, 2021. – Vol. 775. – P. 649-664. – DOI 10.1007/978-981-16-5429-9\_50.

### References

1. Zelepukin D.N., Mezenov A.A. *Sostoyaniye i innovatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya*, Materialy konferentsii, Novosibirsk, Izdatel'skiy tsentr NGAU «Zolotoy kolos», 2019, pp. 110-115.

2. Yefremova O.Ye., Falova O.Ye. *Tekhnicheskiye nauki: problemy i resheniya*, Sbornik statey, Moscow, Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Internauka", 2022, vol. 10(60), pp. 5-9.

3. Korepanov T. D., Knyshov A.A., Turdakov S.V. *Yevraziyskoye Nauchnoye Ob'yedineniye*, 2019, no. 4-2(50), pp. 106-108.
4. Gaynullin I.F. *Aktual'nyye napravleniya fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy*, Materialy konferentsii, Bengaluru, India, Pothi.com, 2023, pp. 70-71.
5. Vavilov A.V., Shchemelev A.M., Bochkarev D.I., Gatal'skiy L.A., Kupchenko A.I. *Mashiny po sodержaniyu i remontu avtomobil'nykh dorog i aerodromov* (Machines for the maintenance and repair of highways and airfields), Minsk, Belorusskiy natsional'nyy tekhnicheskii universitet, 2003, 408 p.
6. Novov V.D., Chupanisayev I.M., Pogonina A.M. *Nauchno-tekhnicheskiye aspekty innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa*, Sbornik trudov, Donetsk, DAT, 2023, pp. 26-28.
7. Tuominen Tino, Seppo Rantala, Muona Tommi, Pettinen Rasmus. Operation of a snow-plough-sweeper-blower, VTT Research Report, VTT-R-00625-24, Esbo, VTT, 2024, 32 p.
8. Saska M., Vonásek V., Přeučil L. Trajectory Planning and Control for Airport Snow Sweeping by Autonomous Formations of Ploughs, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2013, vol. 72, no. 2, pp. 239-261, doi 10.1007/s10846-013-9829-3.
9. Kazda T., Caves B. Airport Winter Operation, Emerald Group Publishing Limited, 2015, doi 10.1108/978-1-78441-870-020153018.
10. Zhang Yp., Zhang Yu., Xing Xq., Chen Yu., Yang N., Mao J. The method of division and classification quantification for snow and ice removal on airport pavement, *Green Connected Automated Transportation and Safety*, Proceedings of the Conference, Singapore, Springer Singapore, 2021, vol. 775, pp. 649-664, doi 10.1007/978-981-16-5429-9\_50.

Рецензент: К.П. Мандровский, канд. техн. наук, доц., МАДИ

### *Информация об авторах*

**Павлов Сергей Аркадьевич**, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

**Погонина Александра Михайловна**, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

**Тимофеев Евгений Дмитриевич**, студент, МАДИ.

### *Information about the authors*

**Pavlov Sergey A.**, Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

**Pogonina Alexandra M.**, Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

**Timofeev Evgeny D.**, student, MADI.

Статья поступила в редакцию 23.03.2026; одобрена после рецензирования 25.03.2026; принята к публикации 27.03.2026.

The article was submitted 23.03.2026; approved after reviewing 25.03.2026; accepted for publication 27.03.2026.