

УДК 685.363

**А. В. Полховский, С. А. Прохорчик, С. В. Шетько**  
Белорусский государственный технологический университет

### СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛЫЖ

Содержание статьи посвящено анализу материалов, применяемых при изготовлении беговых лыж. В зависимости от материала беговые лыжи подразделяются на следующие виды: деревянные, деревопластиковые и пластиковые. Основные виды древесины, используемые при производстве деревянных лыж, – береза, ель, осина, липа, лиственница. Было установлено, что на данный момент полностью деревянные лыжи практически вышли из употребления.

В статье приведены классификации лыж в зависимости от стиля катания и уровня подготовки лыжника, обзор основных конструкций беговых лыж, а также материалов, применяемых при их изготовлении.

Основным материалом, используемым в конструкции лыж на данный момент, является пластик. Современная лыжа представляет собой сложную конструкцию, состоящую из следующих основных частей: оболочка, сердечник и скользящая поверхность.

Оболочка защищает сердечник от внешних механических повреждений. Сердечник является основой всей конструкции. На него приходится главная нагрузка при движении. Существуют различные типы сердечников, которые используют в зависимости от назначения лыж. Скользящая поверхность отвечает за скольжение лыжи по снегу.

Дальнейшее совершенствование лыж может осуществляться по следующим направлениям: совершенствование материала скользящей поверхности; улучшение топографии скользящей поверхности путем разработки новых станков и методов обработки и физико-химической обработкой скользящей поверхности.

**Ключевые слова:** лыжи, оболочка, сердечник, скользящая поверхность, штайншлифт.

**A. V. Polkhovsky, S. A. Prokhorchik, S. V. Shet'ko**  
Belarusian State Technological University

### MODERN CONSTRUCTIONS AND MATERIALS FOR SKI

The content of the article is devoted to the analysis of the materials used in the manufacture of cross-country skis. Depending on the material, cross-country skis are divided into the following types: wooden, wood-plastic and plastic. The main types of wood used in the manufacture of wooden skis are: birch, spruce, aspen, linden, larch. It was found that at the moment completely wooden skis almost out of use.

The article presents the classification of skis, depending on the style of skiing and the level of training of a skier.

An overview of the basic designs of cross-country skiing, as well as the materials used in their manufacture. The main material used in the construction of skis at the moment is plastic. A modern ski is a complex structure consisting of the following main parts: the shell, core, and sliding surface.

The shell protects the core from external mechanical damage. The core is the basis of the whole structure. It accounts for the main load when driving. There are different types of cores, which are used depending on the purpose of the ski. The sliding surface is responsible for sliding the ski in the snow.

Further improvement of skis can be carried out in the following areas: improvement of the material of the sliding surface; improvement of the sliding surface topography, through the development of new machines and processing techniques and changes in the physico-chemical treatment of the sliding surface.

**Key words:** skis, shell, core, sliding surface, steinshift.

**Введение.** ГОСТ 17043-1990 [1] регламентирует требования, предъявляемые к лыжам и определяет их конструкцию. В соответствии с ним, допускается три типа конструкций: деревянные трехслойные, состоящие из нижней и верхней пластин и однослойного среднего клина, деревянные четырехслойные, состоящие из нижней и верхней пластин и двухслойного среднего клина, а также деревянные верхняя и нижняя пластины, деревянный двухслойный

средний клин и скользящий слой из полиэтилена. Анализ стандарта показал, что он охватывает только деревянные и деревопластиковые типы конструкций лыж. В то же время современные лыжи в большинстве своем представлены пластиком. А их конструкция отличается от той, что приведена в стандарте. Целью данной статьи является обзор материалов и конструкций, применяемых при производстве современных моделей беговых лыж.

**Основная часть.** В зависимости от вида материалов современные модели беговых лыж подразделяются на следующие типы: деревянные, деревопластиковые и пластиковые.

Беговые лыжи предназначены для передвижения по относительно ровной местности с использованием энергии лыжника.

По стилю катания беговые лыжи подразделяются на следующие виды [2]:

- для классического хода;
- конькового хода;
- комбинированные;
- туристические.

При коньковом стиле катания лыжник своими движениями напоминает конькобежца: он отталкивается от снега внутренней стороной лыжи, перенося вес тела на скользящую лыжу. Затем движение повторяется с другой ноги. Максимальная длина таких лыж 190–192 см. При толчке ногой лыжа в средней части не должна касаться снега, так как это снижает эффективность толчка.

При классическом стиле лыжи располагаются строго параллельно друг другу на специально построенной лыжне.

Классические лыжи, по сравнению с лыжами для конькового хода, более длинные (максимальная длина 205–207 см) и обладают меньшей жесткостью. Она нужна для того, чтобы при толчке лыжа касалась снега средней частью (колодкой) и «работала» держащая мазь или насечки, тогда лыжа не будет проскальзывать назад во время толчка.

Комбинированные лыжи – это лыжи, предназначенные для катания коньковым и классическим ходом. Максимальная длина таких лыж обычно не превышает 200 см. По своей конструкции комбинированные лыжи ближе к классическим по причине того, что на классических все же возможно передвигаться коньковым ходом, а на чисто коньковых лыжах – нельзя: из-за высокой жесткости колодки (части лыжи под ботинком) у лыжника будет отсутствовать фаза отталкивания.

Лыжи для экстремального туризма (Backcountry) предназначены для лыжных походов в условиях отсутствия лыжных трасс, прогулочных лыжней для спортивных, туристических путешествий различного уровня. Отличаются повышенной жесткостью (применяют технологию деревянный наборный клин, сэндвич и т. д.). Также эти лыжи обладают более широкой скользящей поверхностью (более 59 мм), в некоторых моделях лыжи укрепляются металлическим кантом.

В зависимости от уровня подготовки беговые лыжи подразделяются на следующие группы [2]:

- для начинающих;
- среднего уровня;
- экспертного уровня;
- спортсменов.

*Лыжи для начинающих* – тех, кто имеют минимальный опыт катания или не имеют его совсем. Это самая массовая категория беговых лыж, поэтому они сравнительно недороги и вполне универсальны. Как правило, предназначены для классического хода. Отличительная особенность – увеличенная ширина (от 47 до 59 мм). Вес пары таких лыж достигает от 1,4 до 1,7 кг. Часто на них применяется колодка с насечкой, которая не требует использования мази при передвижении классическим ходом.

*Лыжи среднего уровня* – беговые лыжи для лыжников, имеющих отработанные базовые навыки владения лыжами. Такие лыжи приобретают с целью занятия спортом и фитнесом. Отличительной особенностью лыж среднего (спорт и фитнес) уровня является более спортивная геометрия, с шириной талии 44–48 мм, весом 1,3–1,4 кг и увеличенная, по сравнению с лыжами начального уровня, жесткость. На лыжах для спорта и фитнеса используют улучшенные пластики и сердечники для обеспечения лыжнику возможности более динамичной работы и более долгого скольжения в фазе толчка. Насечка применяется редко. Беговые лыжи среднего уровня представлены моделями для всех стилей катания: коньковый, классический и комбинированный ход.

*Лыжи для экспертов* – беговые лыжи для лыжников, имеющих хорошо поставленную и отработанную технику катания в различных условиях. Пара лыж экспертного уровня имеет низкий вес 1,1–1,3 кг, высокую жесткость. Такие лыжи изготовлены из высококачественных материалов. Среди них нет комбинированных, а также на таких лыжах не применяется технология безмазевое держания.

*Лыжи для спортсменов* – представляют собой самые жесткие и быстрые лыжи. Беговые лыжи данного уровня ориентированы на спортсменов и предназначены для участия в соревнованиях. Пара гоночных лыж имеет вес от 0,95 до 1,1 кг. Помимо того, что такие лыжи изготавливаются в нескольких вариантах жесткости, их исполняют в двух-трех вариантах распределения веса лыжника по длине лыжи и в двух вариантах скользящей поверхности (для теплой и холодной погоды). В зависимости от погодных условий в лыжах для спортсменов применяются различные виды «структур» скользящих поверхностей.

Современные спортивно-беговые лыжи имеют в средней части своей конструкции прогиб, в результате чего эта часть находится на

расстоянии 1–2 см от земли. При приложении нагрузки сверху лыжа будет прижиматься к земле. И чем ближе к горизонтальной поверхности, тем мягче считается лыжа.

Далее рассмотрим конструкцию и материалы, применяемые при изготовлении современных моделей спортивно-беговых лыж.

На рис. 1 показаны зоны, из которых состоит лыжа.



Рис. 1. Зоны лыжи

В конструкции беговых лыж можно выделить следующие основные элементы:

- оболочка;
- сердечник;
- скользящая поверхность.

На рис. 2 показана внутренняя конструкция беговой лыжи.

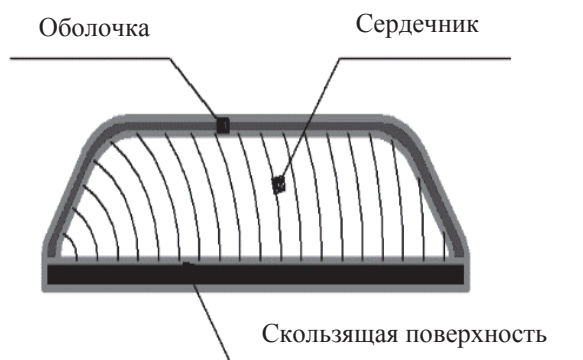


Рис. 2. Конструкция лыжи

Основное назначение оболочки – защита сердечника лыжи от внешних механических повреждений. Помимо этого, он может быть несущим элементом. Основным материалом оболочки – пластик, также в состав ее могут входить сопутствующие материалы: стеклопластик или карбон. Назначение этих материалов заключается в придании оболочке большей жесткости.

Независимо от типа конструкции лыжи, сердечник есть везде. Он является основой всей конструкции. На него приходится главная нагрузка при движении. Также сердечник уменьшает лыжную вибрацию за счет поглощения энергии колебания.

В настоящее время используют четыре основных вида сердечников лыж [3]:

- полностью деревянный;
- деревянный с воздушными каналами;
- из вспененных материалов;
- сотовая структура сердечника.

Сердечник из древесины может быть цельным или наборным, иметь в составе дерево одной породы либо разных, быть коротким и располагаться только под базой или совпадать размерами с лыжами. Наиболее часто применяемые породы древесины: ясень, клен, тополь и осина.

Помимо обычных деревянных сердечников, могут использоваться сердечники из древесины с воздушными каналами. Они позволяют снизить вес лыжи, сохраняя при этом оптимальную жесткость конструкции.

В качестве синтетических сердечников применяют вспененные материалы, такие как акрил и пропилен. Лыжи с подобным типом сердечника используются «продвинутыми» любителями или в тренировках спортсменов.

Самым легким на сегодняшний день типом сердечника считается сотовая структура, которая используется в спортивных моделях лыж.

Скользящая поверхность лыжи (СПЛ) – единая полоска пластика, идущая от носка лыжи до пятки. Отвечает за скольжение лыжи по снегу. Скольжение лыжи происходит ввиду плавления кристаллов снега за счет тепла, выделяющегося при трении [4, 5].

При скольжении лыж объем талой воды зависит от температуры и влажности снега, температуры и влажности воздуха. При температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  лыжи едут как по песку, а минимальное трение соответствует температуре  $(-3)–(-5)^{\circ}\text{C}$  [4, 6].

В первых пластиковых лыжах применялся легко стираемый и плохо держащий смазку АБС пластик, который практически полностью вытеснен из рынка изготовления лыж полиэтиленом сверхвысокой молекулярной массы UHMW-PE, за исключением самых дешевых моделей некоторых производителей [2].

Крупные современные производители изготавливают скользящую поверхность из синтезированного полиэтилена сверхвысокого молекулярного веса (High Performance Polyethylene – HPPE). Общепринятое название материала – Р-Тех [2]. В материал, предназначенный для обычных массовых лыж для мороза, добавляется 5–15% наполнителя – частицы углерода размером 20 мкм для снятия электростатики, а также графита и фторуглеродистых соединений для улучшения скольжения [2]. Технический углерод делает основу лыжи черной, но и несколько уменьшает ее износостойкость. Соединения галлия добавляют пластику теплопроводность, та-

кое же свойство у нитрида бора, но эта добавка дополнительно уменьшает способность впитывать влагу. Пигмент ультрамарин используют в лыжах без технического углерода для создания рисунка на основе и улучшения скольжения [2].

На скользящей поверхности лыж для начинающих, и иногда в лыжах среднего уровня применяется насечка [6]. Насечками называется специальная структура, напоминающая форму рыбьей чешуи. Она накладывается на одну треть длины лыжи в области колодки (часть лыжи под ботинком). Профиль структуры клиновидный, что не мешает ей скользить вперед, но полностью предотвращает отдачу.

Преимуществом лыж с насечкой является то обстоятельство, что они не требуют смазки, на них эффективны подъемы, при любой погоде лучше катятся вперед, чем назад [6].

Недостаток – на жесткой, леденистой лыжне такие лыжи будут держать не очень хорошо, слегка отдавать, т. е. проскальзывать назад, заметно тормозить при спусках и на ровной поверхности [6].

Лыжи без насечек полностью гладкие, без каких-либо резких выбоин и впадин на скользящей стороне. Это говорит о том, что такая поверхность идеально подойдет для конькового хода.

Преимущества лыж без насечки: гораздо быстрее лыж предыдущего типа, отлично приспособлены к коньковому ходу [6].

Недостатки лыж без насечки: перед каждой поездкой лыжи необходимо смазать специальной мазью и этот процесс занимает время [6].

Также в основе лыжи в области колодки может быть утоплена резиновая полоса. Такие лыжи предназначены для плюсовой мокрой лыжни и имеют довольно узкий погодный диапазон использования. Современный безмазевый вариант отталкивания – это прикрепление под колодкой имитации «шкуры», что в названии лыж указывается как «skin». Также для удержания лыжи под колодку может наклеиваться специальная липкая лента или в конструкции применяются различные механические формы зацепов, не препятствующие скольжению, но работающие при отталкивании [2].

Заводское нанесение «структуры» на скользящую поверхность адаптирует лыжи к строго определенным условиям использования: температура воздуха, влажность, состояние снега, стиль передвижения. Также «структура» улучшает скольжение за счет уменьшения площади контакта со снегом и снижения эффекта подсаживания в результате разрыва водяной пленки, образующейся при скольжении [2].

Механическая обработка скользящей поверхности лыж может быть разделена на две группы: штайншлифт и циклевка. На данный момент об-

щепринятым способом обработки поверхности лыж является штайншлифт [7]. Циклевка, несмотря на ряд преимуществ, не применяется крупнейшими производителями лыж [8].

При штайншлифте на скользящую поверхность лыж наносится «структура», представляющая собой систему бороздок, чем-то напоминающую канавки на автомобильных покрышках. Они способствуют отводу лишней воды [9].

Недостатком этого метода является то, что при штайншлифте возникает микророс и поверхность требует неоднократной обработки парафином [10].

Еще одним конструктивным элементом лыжи служит желоб – это полоса посередине скользящей поверхности вдоль всей длины лыжи. Желоб обеспечивает направление движения и отводит влагу, образующуюся при таянии снега. Некоторые производители делают лыжи с двумя желобами [3].

Важное качество современных лыж – их внешний вид. Рисунок на верхнее покрытие можно нанести тремя способами: трафаретной печати, сублимации и прямой цифровой печати. При трафаретной печати краска наносится на шаблоны и вдавливается в верхнее покрытие. Сублимация похожа на временную татуировку: рисунок сначала печатается на сублимационной бумаге, а затем при нагревании переносится на верхнее покрытие лыжи. При использовании прямой цифровой печати материал верхнего покрытия загружается в специальный принтер, который печатает идеально четкое изображение сразу на него [11]. Поверх рисунка для его защиты и улучшения внешнего вида лыж наносится специальный лак ультрафиолетового отверждения.

**Заключение.** За последние десятилетия современный рынок спортивно-беговых лыж претерпел сильные изменения. Появление новых материалов и технологий преобразовало беговые лыжи. На смену древесине пришел пластик. Сильно изменились характеристики лыж – они стали более скользкие благодаря пластику, легкие благодаря сотовым и другим синтетическим наполнителям.

Изменились скользящие поверхности. В спортивно-беговых моделях лыж они изготавливаются из аморфного полиэтилена с высоким молекулярным весом. Различаются содержанием добавок, например графита (черная скользящая поверхность) или фторуглерода (цветные вкрапления на пластике), «впечатаемого» в структуру пластика. На простых моделях лыж применяется пластик с обычной молекулярной структурой и без добавок – он скользит хуже, более мягкий, зато гораздо дешевле и легче поддается реставрации.



Что касается дальнейшего развития лыж, то можно выделить следующие направления [12]:

– разработка новых материалов скользящей поверхности:

1) чистый без добавок СВМПЭ с максимально возможным молекулярным весом;

2) сверхвысокомолекулярный полиэтилен, усиленный частицами квазикристаллов;

3) фторопласт с разветвленной молекулярной структурой;

4) стандартный фторопласт (тефлон) для мокрого снега;

5) для условий холодного сухого снега заменить добавки сажи в скользящую поверхность лыж (СПЛ) на интенсивный черный краситель. Это приведет к повышению износостойкости, гидрофобности, уровня поглощения солнечной радиации (увеличение температуры) и к понижению теплопроводности СПЛ. А эти изменения вызовут улучшение скольжения лыж;

– улучшение топографии скользящей поверхности:

1) создание станков, способных генерировать адекватные структуры, но не создавать микроворс;

2) методы и приборы для создания случайных структур;

3) станки и ручные приспособления для создания х-образных и других непродольных структур;

4) методы, станки и ручные приспособления, способные производить кратероподобные структуры для холодного и сухого снега;

– изменения в физико-химической обработке скользящей поверхности:

1) применения парафинов для коррекции неоптимальной топографии скользящей лыжной поверхности;

2) для улучшения химии внешнего слоя могут использоваться фтороуглероды;

3) мази скольжения оказывают вредное влияние на окружающую среду, поэтому имеет смысл пересмотреть необходимость их применения.

### Литература

1. Лыжи. Технические условия: ГОСТ 17043-1990. Введ. 09.01.1990. М.: Изд-во стандартов, 1990. 16 с.
2. Горные вершины [Электронный ресурс] / Обзор: типы и характеристики беговых лыж. URL: <https://mountainpeaks.ru/reviews/begovye-lyzhi/on-the-types-and-characteristics-of-the-cross-country-ski-trail/> (дата обращения: 23.10.2018).
3. Беговые лыжи [Электронный ресурс] / Конструктивные особенности беговых лыж. URL: <http://102ski.ru/index.php/2009-12-19-15-11-50/15-design-bl> (дата обращения: 23.10.2018).
4. Bowden F. P., Hughes T. P., Mechanism of Sliding on Ice and Snow // Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 1939. No. 172(949). P. 280–298.
5. Tusima K., Yosida Z., Melting of Ice by Friction // Low Temperature Science. Series A, 1969. No. 27. P. 17–30.
6. Aktivno Otdyhaem [Электронный ресурс] / Какие лыжи лучше с насечками или без? URL: [http://aktivnootdyhaem.ru/begovye\\_lyzhi/kakie\\_lyzhi\\_luchshe\\_s\\_nasechkami\\_ili\\_bez.php](http://aktivnootdyhaem.ru/begovye_lyzhi/kakie_lyzhi_luchshe_s_nasechkami_ili_bez.php). (дата обращения: 24.10.2018).
7. Mathia T. G., Zahouani H., Midol A., Topography, wear and sliding functions of skis // Int. Journal Machine Tools Manufact, 1992. No. 32. P. 263–266.
8. Kuzmin L., Tinnsten M., Contact angles on the running surfaces of cross-country skis, in the Impact of Technology on Sport. A. Subic and S. Ujihashi // Editors. 2005. Australasian Sports Technology Alliance Pty Ltd: Melbourne, Australia. P. 318–323.
9. Спортивная линия [Электронный ресурс] / Что такое структура скользящей поверхности. URL: [http://skiline.ru/sport-technology/1264-what\\_is\\_the\\_structure\\_of\\_the\\_sliding\\_surface\\_of\\_the\\_ski](http://skiline.ru/sport-technology/1264-what_is_the_structure_of_the_sliding_surface_of_the_ski). (дата обращения: 24.10.2018).
10. Ducret S. Friction and abrasive wear of UHMWPE sliding on ice. Wear, 2005. 258 (1–4). P. 26–31.
11. Горнолыжный портал – SKI.RU [Электронный ресурс] / Из чего состоят ваши лыжи. URL: <https://www.ski.ru/az/blogs/post/iz-chego-sostoyat-vashi-lyzhi/> (дата обращения: 24.10.2018).
12. Поверхностное трение скольжения лыж: природа, пути и методы его улучшения. URL: [http://www.kuzmin-skitech.ru/wp-content/uploads/2016/08/nauchnaja\\_ru.pdf](http://www.kuzmin-skitech.ru/wp-content/uploads/2016/08/nauchnaja_ru.pdf) (дата обращения: 24.10.2018).

### References

1. GOST 17043-1990. Skiing. Technical conditions. Moscow, Standards Publ., 1990, 16 p. (In Russian).
2. *Gornye vershiny. Obzor: tipy i kharakteristiki begovykh lyzh* [Mountain peaks. Overview: types and characteristics of cross-country skiing]. Available at: <https://mountainpeaks.ru/reviews/begovye-lyzhi/on-the-types-and-characteristics-of-the-cross-country-ski-trail/> (accessed 23.10.2018).

3. *Begovyye lyzhi. Konstruktivnyye osobennosti begovykh lyzh* [Cross-country skiing. Design features of cross-country skiing]. Available at: <http://102ski.ru/index.php/2009-12-19-15-11-50/15-design-bl> (accessed 24.10.2018).
4. Bowden F. P., Hughes T. P., Mechanism of Sliding on Ice and Snow. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 1939, no. 172 (949), pp. 280–298.
5. Tusima K., Yosida Z., Melting of Ice by Friction. *Low Temperature Science. Series A*, 1969, no. 27, pp. 17–30.
6. *Aktivno otdykhayem. Kakiye lyzhi luchshe s nasechkami ili bez?* [Aktivno Otdyhaem. Which skis are better with or without notches?]. Available at: [http://aktivnootdyhaem.ru/begovye\\_lyzhi/kakie\\_lyzhi\\_luchshe\\_s\\_nasechkami\\_ili\\_bez.php](http://aktivnootdyhaem.ru/begovye_lyzhi/kakie_lyzhi_luchshe_s_nasechkami_ili_bez.php) (accessed 24.10.2018).
7. Mathia T. G., Zahouani H., Midol A., Topography, wear and sliding functions of skis. *Int. Journal Machine Tools Manufact*, 1992, no. 32, pp. 263–266.
8. Kuzmin L., Tinnsten M., Contact angles on the running surfaces of cross-country skis. Impact of Technology on Sport, A. Subic and S. Ujihashi. *Editors*. 2005, Australasian Sports Technology Alliance Pty Ltd: Melbourne, Australia, pp. 318–323.
9. *Sportivnaya liniya. Chto takoye struktura skol'zyashchey poverkhnosti* [Sports line. What is the structure of the sliding surface]. Available at: [http://skiline.ru/sport-technology/1264-what\\_is\\_the\\_structure\\_of\\_the\\_sliding\\_surface\\_of\\_the\\_ski](http://skiline.ru/sport-technology/1264-what_is_the_structure_of_the_sliding_surface_of_the_ski) (accessed 24.10.2018).
10. Ducret S., Friction and abrasive wear of UHMWPE sliding on ice. *Wear*, 2005, no. 258(1–4), pp. 26–31.
11. *Gornolyzhnyy portal – SKI.RU. Iz chego sostoyat vashi lyzhi* [Ski portal - SKI.RU. What are your skis made of?]. Available at: <https://www.ski.ru/az/blogs/post/iz-chego-sostoyat-vashi-lyzhi/> (accessed 24.10.2018).
12. *Poverkhnostnoye treniye skol'zheniya lyzh: priroda, puti i metody ego uluchsheniya* [Surface sliding friction of skis: nature, ways and methods for its improvement]. Available at: [http://www.kuzminskitech.ru/wp-content/uploads/2016/08/nauchnaja\\_ru.pdf](http://www.kuzminskitech.ru/wp-content/uploads/2016/08/nauchnaja_ru.pdf) (accessed 24.10.2018).

#### **Информация об авторах**

**Полховский Антон Викторович** – магистр технических наук, инженер кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: antopolx1@mail.ru

**Прохорчик Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, декан заочного факультета. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prohor@tut.by

**Шетько Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tidid@belstu.by

#### **Information about of authors**

**Polkhovsky Anton Viktorovich** – Master of Engineering, engineer, the Department of Technology and Design of Wood Products. Belarusian State Technological University (Sverdlova str., 13a, 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: antopolx1@mail.ru

**Prokhorchik Sergey Aleksandrovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Dean, the Correspondence Faculty. Belarusian State Technological University (Sverdlova str., 13a, 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prohor@tut.by

**Shet'ko Sergey Vasil'yevich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of Department of Technology and Design of Wood Products. Belarusian State Technological University (Sverdlova str., 13a, 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tidid@belstu.by

*Поступила 06.03.2018*