

А.В. Полховский, ассист.; А.Л. Наркевич, доц.;  
С.В. Шетько, доц.; С.А. Прохорчик, доц.;  
А.В. Максимцова, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЫЖ: РАЗРУШАЮЩАЯ НАГРУЗКА И ЖЕСТКОСТЬ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ**

В Республике Беларусь в филиале «Телеханы» государственного предприятия «Беларусьторг» после технологического переоснащения лыжного цеха освоен выпуск спортивно-беговых пластиковых лыж с применением армированных композиционных материалов по разработкам и при непосредственном участии БГТУ. В процессе исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также на стадии выпуска продукции необходимо определение и контроль показателей качества лыж.

Цель работы – сформировать номенклатуру показателей механических характеристик для средней части спортивно-беговых лыж, а также выявить взаимосвязь между ними.

Испытания по определению механических характеристик осуществляются в условиях специализированной лаборатории БГТУ. Нагружение при статических испытаниях производят на плоской горизонтальной поверхности (рис. 1, а) и на опорах (рис. 1, б).

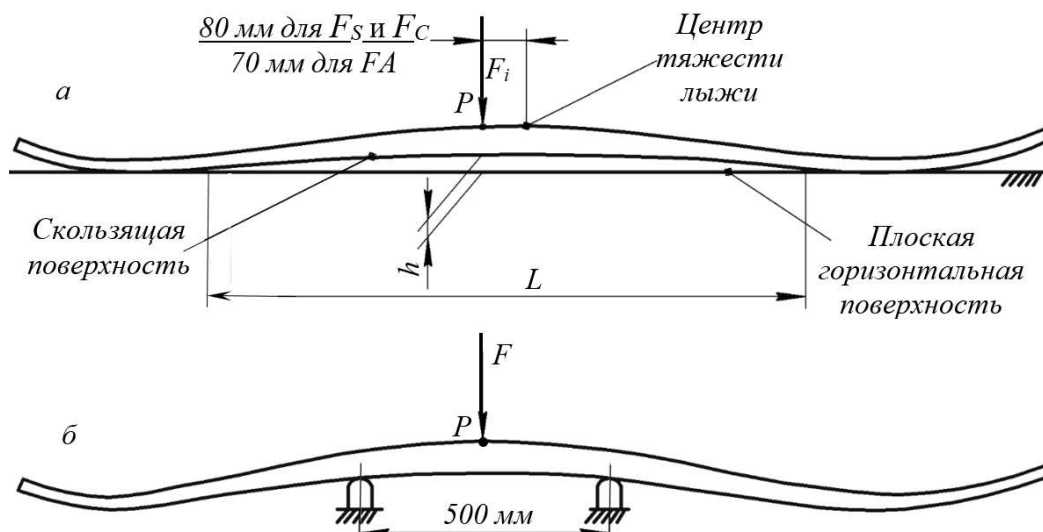
ГОСТ 30045-93 устанавливает методы определения механических характеристик для спортивно-беговых лыж. При испытании на плоской горизонтальной поверхности определяют следующие характеристики жесткости лыжи:

– высота остаточного прогиба  $h$  (рис. 1, а) – расстояние, измеренное в точке  $P$  приложения нагрузки, между скользящей поверхностью и плоской горизонтальной поверхностью; причем, значение нагрузки (здесь -  $F_S$ ) нормировано для лыж с номинальной длиной от 160 до 220 см с шагом 5 см (например, для лыжи 185 см нагрузка равна 270 Н, для 180 см – 245 Н), а также нормировано значение  $h$ , оно должны соответствовать 0,6–1,7 мм;

– длина остаточного прогиба  $L$  (рис. 1, а) – длина участка скользящей поверхности лыжи, не соприкасающегося с плоской горизонтальной поверхностью при приложении к лыже нагрузки; по нормативу – при нагрузке  $F_S$  применяют термин стандартная длина остаточного прогиба, значения которой должны соответствовать 350–550 мм;

– нагрузка распрямления (здесь –  $F_C$ , рис. 1, а) – сила, приложенная к точке  $P$ , при которой высота остаточного прогиба равна 0,3 мм; по нормативу – значение не регламентируется.

Остаточную длину при нагрузке  $F_C$  по указанному нормативу не определяют.



а – на плоской горизонтальной поверхности; б – на опорах

**Рисунок 1 – Схемы нагружения лыж при испытаниях**

Один из крупнейших производителей спортивного инвентаря австрийская компания *Fischer Sports GmbH* также использует характеристику, аналогичную нагрузке распрямления  $F_C$ , называемую индексом жесткости  $FA$  (синоним – жесткость по Фишеру) – сила (выражается в килограммах), приложенная в точке  $P$  (рис. 1, а), при которой высота остаточного прогиба равна 0,2 мм. Т.е. для этих характеристик имеются отличия в расположении точки приложения нагрузки и высоте остаточного прогиба. Но в отличие от нагрузки распрямления  $F_C$  для индекса жесткости  $FA$  приводятся значения в зависимости от массы лыжника и типа лыж (стиля катания). Поэтому при исследованиях и контроле качества лыж нагрузку распрямления  $F_C$  не фиксировали, а определяли индекс жесткости  $FA$ , а также длину остаточного прогиба при нагрузке  $FA$ .

При испытании на опорах (рис. 1, б) по ГОСТ 30045 определяют разрушающую нагрузку средней части лыжи  $F$ , также в указанном нормативе приводятся ее минимальные значения для длин лыж от 1650 до 2250 мм с шагом 100 мм (например, для лыж длиной 1750 мм разрушающая нагрузка  $F$  равна 1766 Н; для 1850 мм – 2354 Н). Необходимо отметить, что в ГОСТ 30045 не даются определения для понятий «номинальная длина лыжи» и «длина лыжи», но исходя из указанных в этом нормативе размеров лыж для назначения нагрузки  $F_S$

(от 160 до 220 см) и для выбора минимальной разрушающей нагрузки (от 1650 до 2250 мм) можно сделать предположение, что номинальная длина лыжи – это проекция длины лыжи на горизонтальную плоскость, а длина лыжи – это развернутая длина лыжи.

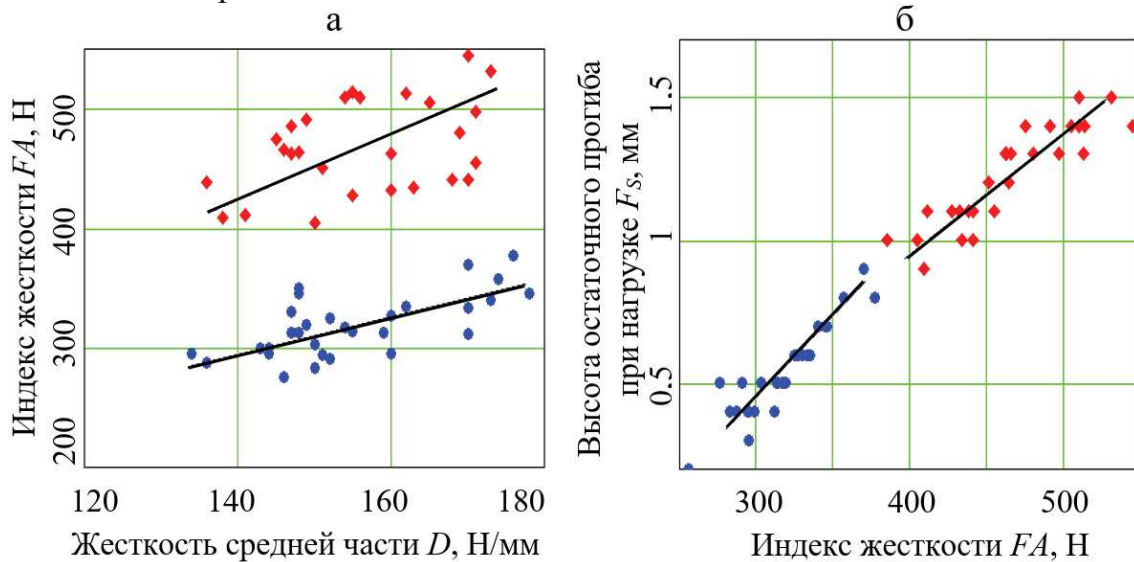
На начальных этапах выполнения исследовательских работ до освоения оборудования для обработки скользящего слоя замечено, что дефекты скользящего слоя не всегда позволяли объективно оценить индекс жесткости  $FA$ , чтобы целенаправленно вносить изменения в структуру лыжи (в частности – в расположение и количество армированных слоев) для достижения его требуемого значения. Понимая, что на значение этого параметра существенное влияние оказывает податливость средней части лыжи при изгибе, предложено дополнительно по схеме нагружения, изображенной на рис. 1, б, определять жесткость средней части лыжи  $D$  как отношение приращения нагрузки к соответствующему перемещению точки приложения нагрузки на начальном линейном участке диаграммы деформирования. Это позволило более объективно сравнивать образцы лыж с разной структурой в средней части и целенаправленно управлять структурой. Также сравнение комплекса результатов испытаний по определению жесткости средней части  $D$  и индекса жесткости  $FA$  для экспериментальных образцов и зарубежных аналогов позволило сделать вывод о дополнительном влиянии формы (профиля) нижней поверхности лыжи на значение индекса жесткости  $FA$ . Эти результаты путем принятия соответствующих технических решений (предложенное БГТУ ноу-хау производства) использованы для обеспечения требуемых значений индекса жесткости  $FA$  выпускаемых лыж в филиале «Телеханы».

Экспериментальные данные, полученные для партий лыж с двумя различными формами нижней поверхности лыж, представлены на рис. 2.

Наблюдается положительная корреляция индекса жесткости  $FA$  и жесткости средней части лыжи  $D$  (рис. 2, а) в каждой партии лыж. А также очевидно влияние формы нижней поверхности лыжи на значение индекса жесткости  $FA$  при равных значениях жесткости  $D$ , причем по сравнению с результатами до внедрения технического решения индекс жесткости  $FA$  увеличился соответственно более чем в 2 и 3 раза для отдельных партий лыж.

На рис. 2, б наблюдается естественная пропорциональная зависимость между высотой остаточного прогиба при нормативной нагрузке  $F_S$  и индексом жесткости  $FA$ , при этом видно, что эти зависимости для разных форм нижней поверхности лыж незначительно отличаются. Тем не менее данную зависимость можно использовать

при определении индекса жесткости  $FA$  во избежание получения ошибочных - завышенных или заниженных - значений ввиду малого уровня зазора между скользящей поверхностью и плоской горизонтальной поверхностью.



**Рисунок 2 – Зависимости между характеристиками жесткости для двух различных форм нижней поверхности лыжи (обозначены группами точек – ромбы и круги)**

Считаем также целесообразным ввести в практику оценки качества лыж значения разрушающих нагрузок  $F$  для различных длин лыж с шагом 50 мм, т.е. фактически ввести промежуточные значения по методу линейной интерполяции. Тогда, например, для лыж длиной 1800 мм разрушающая нагрузка  $F$  составит 2060 Н.

В результате исследований экспериментальных образцов и испытаний опытных партий лыж сформирована номенклатура показателей механических характеристик для средней части спортивно-беговых лыж (высота остаточного прогиба; стандартная длина остаточного прогиба; индекс жесткости  $FA$ ; длина остаточного прогиба при нагрузке  $FA$ ; жесткость средней части лыжи; разрушающая нагрузка средней части лыжи), отработаны методы их определения, разработана и утверждена методика для испытаний в специализированной лаборатории БГТУ, а также выявлены зависимости между различными характеристиками жесткости средней части лыж.