

А.Н. Наркевич, доц., канд. техн. наук;
А.В. Полховский, преп.-ст.;
С.В. Шетько, доц., канд. техн. наук;
Д.А. Билинский, студ. 4 курса;
С.А. Прохорчик, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НА ЖЕСТКОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СПОРТИВНО-БЕГОВОЙ ПЛАСТИКОВОЙ ЛЫЖИ

К спортивно-беговым лыжам предъявляются высокие требования относительно жесткости, несущей способности и массы. Поэтому жесткость и разрушающая нагрузка при изгибе средней части лыжи, жесткость передней и задней частей лыжи входят в перечень характеристик, которые определяют эксплуатационные качества лыжи. По нормативу[1] определяют: высоту и длину остаточного прогиба (деформационная способность лыжи под действием сосредоточенного усилия в средней части лыжи, расположенной на плоской поверхности, до выпрямления лыжи); разрушающую нагрузку средней части лыжи при испытании на трехточечный изгиб; жесткость передней и задней частей лыжи при испытаниях на изгиб как консольных балок. Кроме этого, предложено определять жесткость и для средней части лыжи по схеме испытания ее на прочность по линейному участку диаграммы деформирования. Здесь *жесткость части лыжи* – это отношение нагрузки (или ее приращение) к соответствующей деформации (или ее приращению).

Современная лыжа (и т. п. изделия) представляет собой сложную конструкцию, состоящую в общем случае из следующих функциональных слоев:

- несущий слой – обеспечивает в основном прочность и жесткость конструкции, изготавливается из армированных композиционных материалов на основе стеклянных и (или) углеродных волокон;
- скользящий слой – обеспечивает требуемое взаимодействие нижней поверхности лыжи с покрытием лыжной трассы, применяют в основном термопластичные материалы;
- наполнитель – занимает все внутреннее пространство лыжи и в основном образует клин, может быть изготовлен из сплошных или пористых материалов, сот и т.п.

– боковина – применяются для сохранения формы поперечного сечения усиливающие пластины и расположены на боковых периферийных областях клина, выполняют из древесных, композиционных материалов и др.;

– склеивающий слой – применяют в ряде случаев для объединения различных по природе функциональных слоев, может представлять собой, например, хаотически армированный композиционный материал с высоким содержанием связующего.

Таким образом, в поперечном сечении лыжа неоднородна. Также ввиду характерной формы лыжи размеры поперечного сечения являются переменной величиной. Слоистая структура и применение композиционных материалов дает возможность управлять жесткостью и прочностью в различных частях лыжи по ее длине, используя различные схемы армирования, т.е. по длине лыжа также может быть неоднородна.

Для достижения требуемых значений жесткости и прочности при наименьшей массе при разработке новой конструкции лыжи существуют два пути: первый - экспериментальным путем подбирать структуру лыжи (материалы, количество и место расположение слоев и т.п.) с последующим изготовлением и испытанием образцов; второй – произвести предварительные расчеты для различных структур, выявляя наиболее влияющие факторы, выбрать наиболее приемлемые варианты для производства, и также изготовить и испытать образцы. Расчеты помогут значительно сократить сроки и затраты на разработку, вести целенаправленное назначение структуры. Это тем более важно в случае изготовления лыжи по индивидуальному заказу, когда первый метод подбора становится экономически неприемлемым.

В связи с этим для расчета жесткости и прочность средней части лыжи и жесткости передней и задней частей лыжи предложена модель, которая учитывает неоднородность лыжи как по толщине, так и по длине относительно геометрии, применяемых материалов и их расположения [2].

В модели учтен тот факт, что применяются конструкционные материалы, обладающие линейной зависимостью напряжений от деформации в упругой зоне, в области которой и определяются параметры жесткости.

Исходные данные для расчета по предложенной модели следующие:

- вид закрепления, базовые размеры, положение точек приложения нагрузки;

- нормативное разрушающее усилие, не менее которого должна выдержать лыжа при испытании;
- размер верхнего и нижнего основания трапецеидального поперечного сечения лыжи и высота(переменная) поперечного сечения лыжи по всей ее длине;
- модуль упругости и прочность при растяжении для применяемых материалов, причем для анизотропных материалов – вдоль оси, совпадающей с продольной осью лыжи;
- толщина применяемых тонколистовых материалов.

Для расчета *жесткостей* различных участков лыжи с учетом неоднородного по материалам и переменного по геометрии сечения применена зависимость *жесткости поперечного сечения* лыжи (отличать от *жесткости части* лыжи) от продольной координаты, а для расчета прочности средней части лыжи, кроме *жесткости поперечного сечения*, применены зависимости изгибающего момента и положения нейтральной линии сечения от продольной координаты.

Жесткость поперечного сечения и положение нейтральной линии сечения выражали через упругие характеристики слоев и переменные геометрические параметры сечения и расположение каждого слоя.

Обеспечение условия прочности проверяли через определение коэффициента запаса прочности (отношение прочности материала слоя к наибольшему нормальному напряжению в слое) для каждого слоя в опасном сечении.

Адекватность модели была проверена испытанием опытных образцов лыж. Расхождение расчетных значений от экспериментальных по жесткости средней части лыжи не превысило 5%, а разрушающее усилие превысило нормативное значение.

Таким образом, предложенная модель расчета жесткости и прочности может быть применена для разработки лыж слоистой конструкции под требуемые параметры, а также для совершенствования существующих конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыжи спортивно-беговые. Методы испытаний: ГОСТ 30045–93. Введ. 01.01.1995. М.: Изд-во стандартов, 1994. 15 с.
2. Ставров, В.П. Конструирование и расчет изделий из композиционных материалов [Текст]: учебное пособие для студентов специальности Т.ОЗ.02.00. Ч. 2: Стержневые конструкции / В.П. Ставров; Белорусский государственный технологический университет. – Минск: БГТУ, 1999 – 106 с.