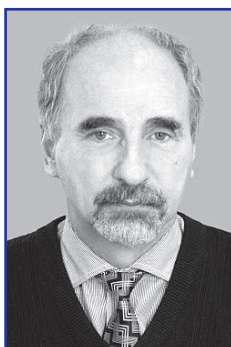


# ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛОВ АНГУЛЯЦИИ СПОРТСМЕНА-ГОРНОЛЫЖНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОГО СТЕНДА



## ЛЕГОТИН

### Сергей Дмитриевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Доцент кафедры физики, кандидат технических наук, инструктор 1 категории УЦФГССР, legotin.msiu@gmail.com, тел. 8(903)192-76-68

## LEGOTIN Sergey

Moscow Automobile and Road Construction State Technical

University (MADI). Associate Professor of physics, Cand. Technical Sci., instructor category 1

## РИВЛИН Александр Александрович

Учебный центр Федерации горнолыжного спорта и сноуборда России, преподаватель АНОДО, Москва. e-mail: alriv@inbox.ru, тел. 8(926)877-32-46

## RIVLIN Aleksander

Autonomous non-profit organization of additional education «Training center of the Russian Federation of skiing and snowboarding», coach.

*Ключевые слова:* горнолыжный спорт, резаный поворот, угол ангуляции, антропометрия.

**Аннотация.** В статье представлены результаты измерений предельных углов ангуляции, достигаемых спортсменами-горнолыжниками при принятии ими угло-винтового положения на специализированном антропометрическом стенде, позволяющем моделировать разные углы наклона склона и расстояния между лыжами.

## EVALUATION OF THE CRITICAL ANGULATIONS ANGLES OF THE ALPINE SKIER BY USING SPECIALIZED ANTHROPOMETRIC STAND

*Keywords:* alpine skiing, carving, angulation.

**Abstract.** The article presents the results of measurements of the critical angles of angulation achieved by the sportsmen-skiers to make their own angle-screw-down position on a special anthropometric stand that allows you to simulate different angles of inclination of the slope and the distance between the skis.

**Актуальность исследования.** В работе [1] рассмотрена задача создания модели движения лыжника при выполнении резаного, без бокового проскальзывания горнолыжного поворота и естественной закатовки лыж в отсутствии ангуляции. Однако естественная закатовка находится на грани устойчивого и неустойчивого скольжения лыжника [2] и не является оптимальной. В реальных условиях спортивный горнолыжный поворот выполняется при наличии ангуляции, при которой угол закатовки, или угол между склоном и скользящей поверхностью лыжи превышает угол наклона опорной линии, или угол между

нормалью к склону и опорной линией. Назовем это превышение углом ангуляции. Угол ангуляции непосредственно связан с принимаемой спортсменом-горнолыжником ангуляцией, или угло-винтовым положением, и тем самым определяет такие кинематические характеристики резаного поворота, как скорость и радиус траектории движения. Вместе с тем в специальной литературе отсутствует анализ величины угла ангуляции, его связь с наклоном опорной линией и количественными характеристиками принимаемого лыжником ангуляционного положения, в частности, расстояния между лыжами спортсмена. Таким образом, учет

значения угла ангуляции дает возможность создать адекватную модель движения лыжника при выполнении резаного, без бокового проскальзывания горнолыжного поворота при наличии принимаемой лыжником ангуляции.

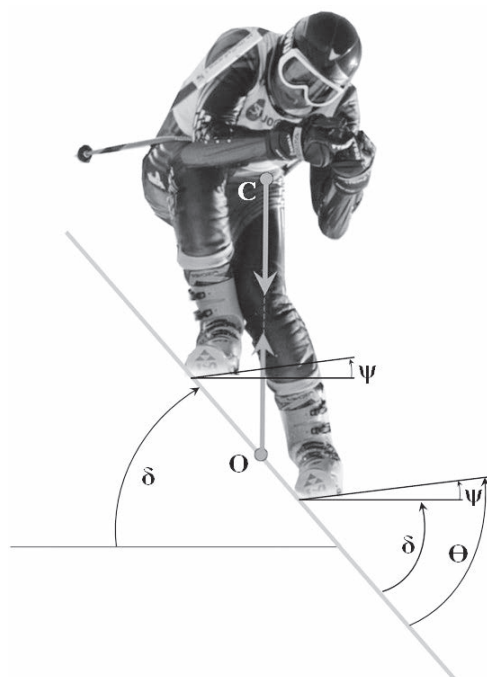
**Цель исследования** – провести антропометрические измерения угла ангуляции при принятии спортсменом характерного, принимаемого в горнолыжном повороте угло-винтового положения при различных величинах угла наклона опорной линии и расстояния между лыжами спортсмена.

**Организация исследования.** В фазе ведения дуги при равномерном вращении тела лыжника в резаном горнолыжном повороте на динамическую систему «лыжник-лыжи» со стороны склона действуют опорные реакции, равнодействующая которых (нижняя стрелка, рисунке 1) направлена по опорной линии. Наклон опорной линии отсчитывается от нормали к склону. Внешне объемные силы, включая силы тяжести и силы инерции, а также силы аэродинамического сопротивления формируют результирующий вектор, также действующий практически вдоль опорной линии [1] (верхняя стрелка, рисунок 1). Таким образом, в неинерциальной системе отсчета, связанной с движущимся центром масс (т. С), формируется система сил, эквивалентная нулю.

В статике, в присутствии только силы тяжести опорная линия ОС занимает вертикальное положение (Рисунок 2) Здесь предыдущее положение лыжника повернуто на угол наклона опорной линии  $\delta$  до принятия ОС вертикального положения.



*Рисунок 1 – Ангуляционное положение, занимаемое горнолыжником при повороте. Точки С и О – соответственно центр масс системы «лыжник-лыжи» и опорная точка, ОС – опорная линия*



*Рисунок 2 – Статичное угло-винтовое положение, при котором опорная линия вертикальна*

Для обеспечения принятия спортсменом характерного винто-углового положения с возможностью измерения углов наклона опорной линии  $\delta$ , угла закантовки  $\Theta$  и угла ангуляции  $\psi$  (Рисунок 2) был сконструирован и изготовлен антропометрический стенд, схема которого представлена на рисунке 3.

Стенд состоит из неподвижной горизонтальной платформы 1 и подвижной платформы 2, соединенных цилиндрическими шарнирами (петлями) 3, что позволяет имитировать угол наклона опорной линии путем изменения угла наклона платформы 2. На подвижной платформе 2 шарнирно к ней установлены грузовые площадки 4, на которых установлены крепления (не показаны) для горнолыжных ботинок. Транспортер 5, снабженный встроенным уровнем горизонта, позволяет точно измерить угловое положение нижней грузовой площадки с помощью, прикрепленной к ней измерительной планки 6. Это угловое положение, измеряемое от горизонтального уровня, соответствует углу ангуляции  $\psi$ . Верхняя грузовая площадка может быть закреплена на разном расстоянии от нижней, что соответствует разной ширине ведения лыж. Кроме того, верхняя грузовая площадка несколько смещена (на полботинка) вперед по отношению к нижней, имитируя естественную разножку при выполнении ангуляции. Измерение

угла наклона к горизонту подвижной платформы 2 также выполняется с помощью транспортира 5. Этот угол соответствует углу наклона опорной линии  $\delta$ .

Для пилотного исследования экспериментального определения предельных углов ангуляции в качестве испытуемых выступали авторы данной работы, имеющие достаточный опыт и профессиональные компетенции в горных лыжах. Цель пилотного исследования – это выявление общих тенденций и закономерностей зависимостей углов ангуляции от предложенных параметров. В дальнейшем предполагается проведение широких исследований с привлечением горнолыжников разного уровня и возрастных категорий. Эти статистические исследования потребуют существенных временных затрат.

**Методы исследования.** Антропометрические измерения на приведенном стенде проводились следующим образом. При установленной разnojке верхняя грузовая площадка закреплялась на минимально возможном расстоянии от нижней. Фактически это расстояние между продольными линиями симметрии подошв горнолыжных ботинок, если их установить вплотную друг к другу, и определяется шириной этих ботинок (около 10 сантиметров). Подвижная платформа 2 фиксировалась в одном из угловых положений  $\delta$  в соответствии с рядом значений:  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ . Спортсмен размещался на стенде, закрепляя

ботинки в горнолыжные крепления на грузовых площадках 4, и принимал максимально выраженное статичное угло-винтовое положение. В этом положении проводились измерения углов ангуляции  $\psi$ , по которому вычислялся угол закантовки  $\Theta = \delta + \psi$ . Далее менялся угол наклона  $\delta$  подвижной платформы 2 и измерения повторялись. После прохождения по всему ряду  $\delta$  верхняя грузовая площадка устанавливалась в новое положение. При этом расстояние  $\ell$  между грузовыми площадками менялось с шагом 5 сантиметров: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 и 60 см. Для каждого фиксированного расстояния между лыжами  $\ell$  проводились измерения предельного угла ангуляции  $\psi$  по всему ряду значений углов наклона опорной линии  $\delta$ .

**Обсуждение результатов исследования.** Результаты антропометрических измерений предельных углов ангуляции  $\psi$  в зависимости от угла наклона опорной линии  $\delta$  представлены на графике рисунке 4. На рисунке 5 в качестве параметра используется не расстояние между грузовыми площадками, или лыжами  $\ell$ , зависящее от величины закантовки лыж и измеряемое по склону, а ширина ведения лыж  $h$ , или расстояние между ногами спортсмена (голенями), которые в горнолыжном повороте в фазе ведения дуги практически параллельны друг другу (Рисунок 6). Пересчет расстояний между лыжами в ширину их ведения определяется простейшей геометрической связью:  $h = \ell \cdot \cos \Theta$ .

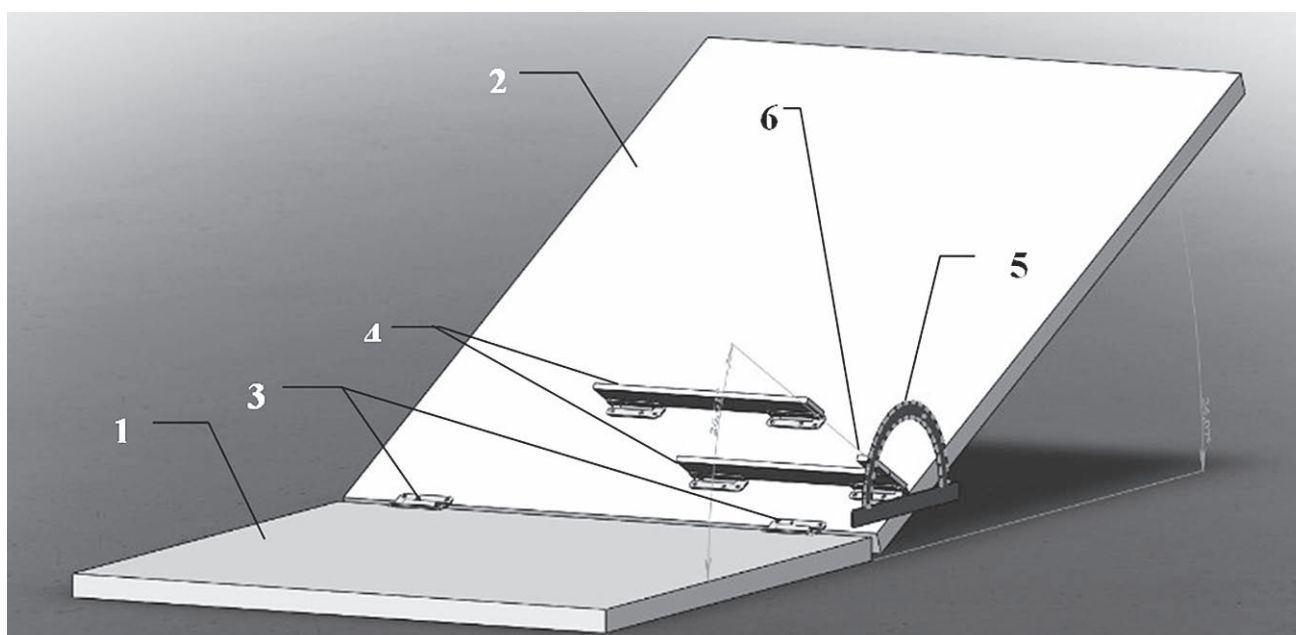


Рисунок 3 – Схема антропометрического стенда (лыжник располагается на грузовых площадках спиной к измерительному транспортеру)

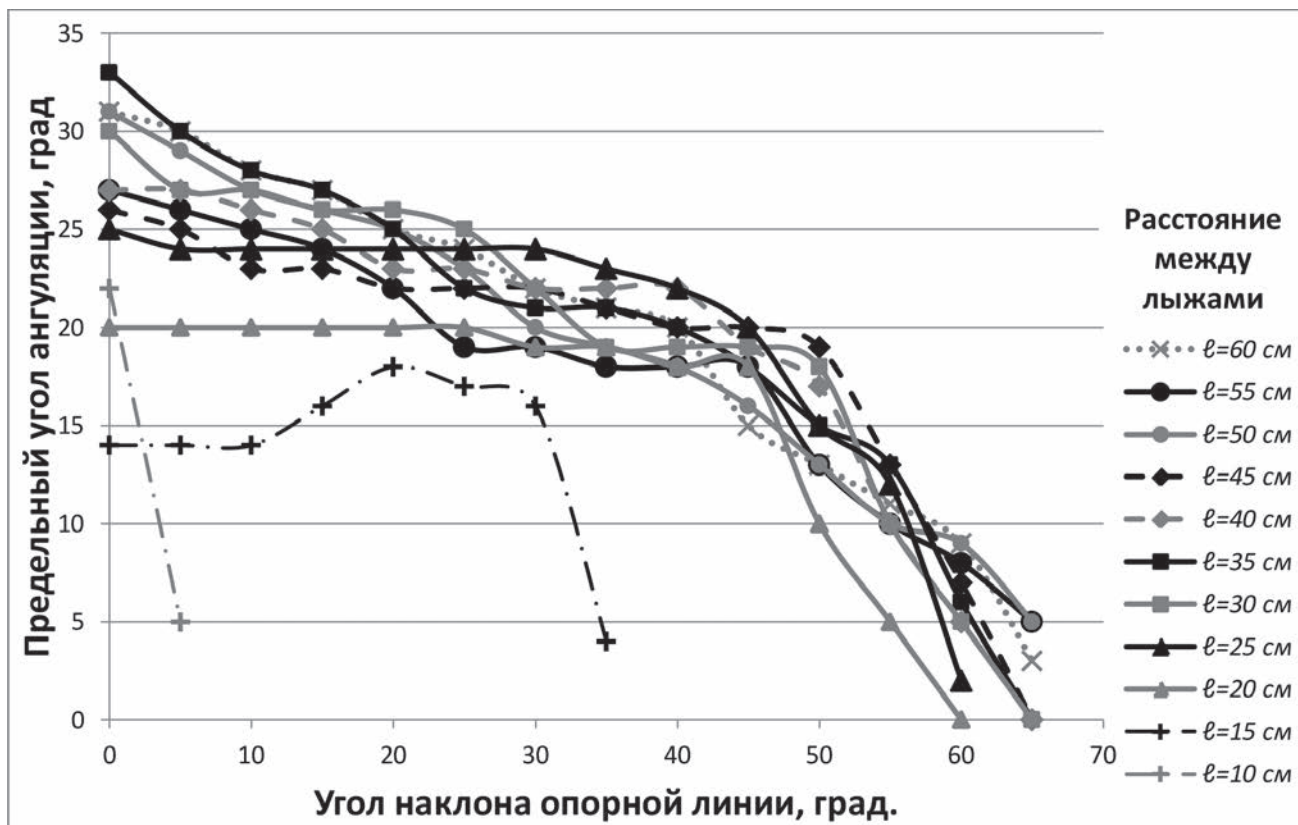


Рисунок 4 – Предельный угол ангуляции при различном расстоянии между лыжами

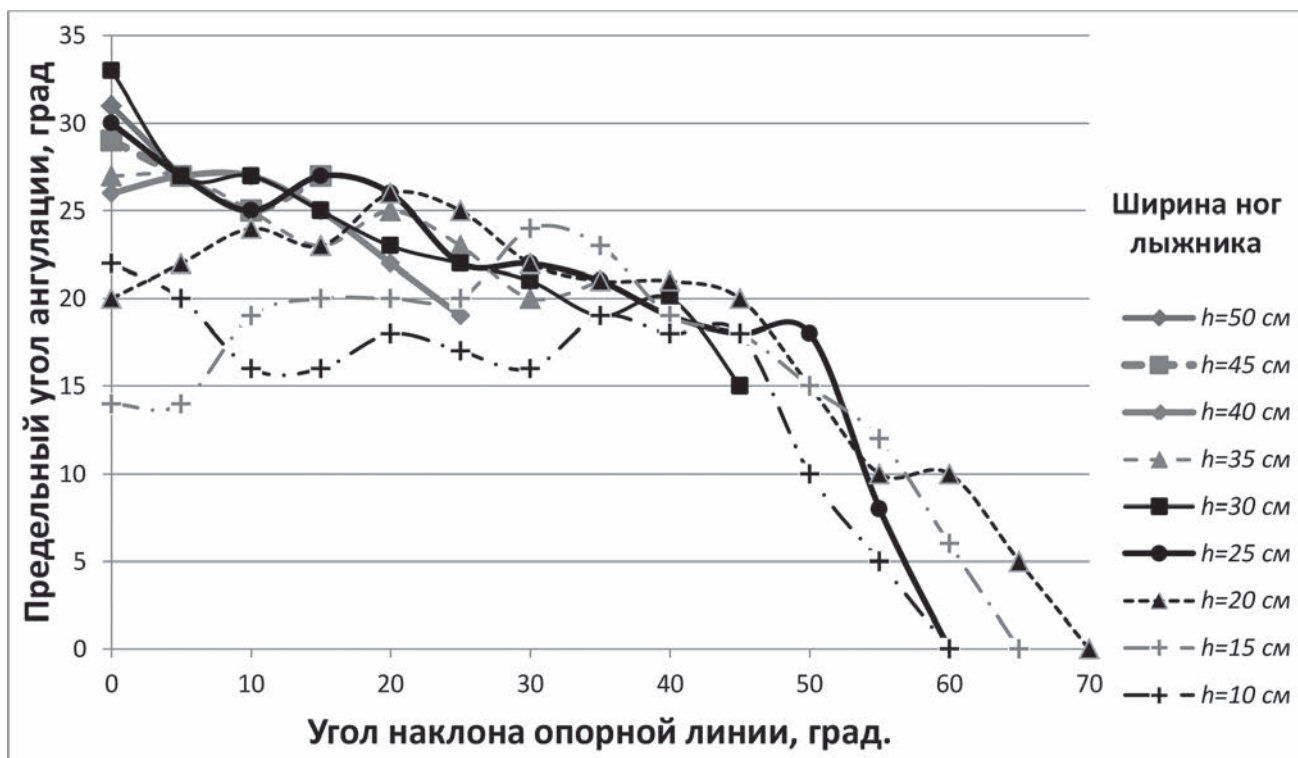


Рисунок 5 – Предельный угол ангуляции при различной ширине ног лыжника

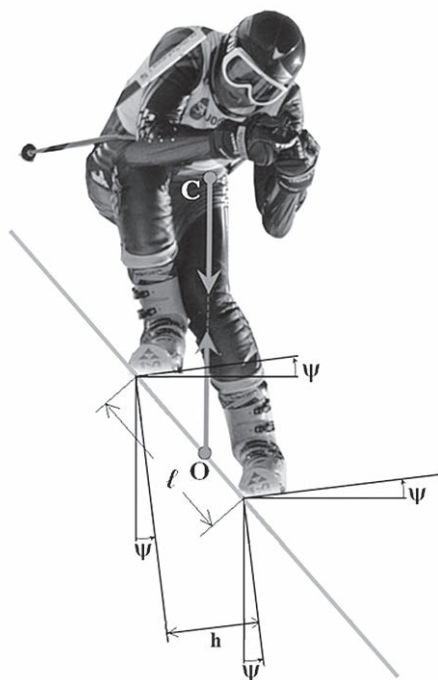


Рисунок 6 – Связь расстояния между лыжами  $l$  и шириной ног спортсмена  $h$

Следует отметить, что приведенные на рисунках 4 и 5 экспериментальные зависимости характеризуются следующими особенностями:

Максимальные предельные углы ангуляции  $\psi$  фиксируются при минимальном угле наклона опорной линии/лыжника ( $\delta \approx 0$ ). Исключения составляют линии, где достижение максимальной ангуляции ограничено геометрией – физическим контактом ботинок лыжника при акцентировании угло-винтового положения (кривые при параметрах  $l$  и  $h$ , равных 10, 15 и частично 20 см).

При минимуме  $\delta$  средние значения  $\psi$  составляют  $27^\circ$  и  $29^\circ$  по параметрам  $l$  и  $h$  соответственно (Рисунки 4 и 5), среднеквадратичные отклонения (дисперсии) от средних значений –  $1^\circ$ .

С увеличением угла наклона опорной линии предельные углы ангуляции монотонно падают, достигая близкие к нулю значения при  $\delta = 65^\circ$ . Вплоть до угла наклона  $\delta = 50^\circ$  характер убывания предельного угла ангуляции практически линейный. При этом наклоне ( $\delta = 50^\circ$ ) средние величины  $\psi$  снижаются до  $15^\circ$  с дисперсиями  $1^\circ$ . При превышении угла наклона  $\delta = 50^\circ$  темп уменьшения предельного угла ангуляции  $\psi$  резко увеличивается.

При широком ведении лыж ( $h$  более 50 см) не реализуется углы наклона опорной линии свыше  $35^\circ$  в силу анатомических, геометрических ограничений, что приводит к ограничению и по углам  $\delta$  соответствующих экспериментальных кривых.

### Выводы

Разработан антропометрический стенд и методика измерения на нем предельных углов ангуляции спортсмена-горнолыжника при различных величинах угла наклона лыжника, расстояния между лыжами и ширины ног спортсмена.

Показано, что с увеличением наклона лыжника предельные углы ангуляции монотонно снижаются до нуля, т.е. по мере увеличения наклона лыжника угол закантовки лыж приближается к углу наклона опорной линии.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке модели резаного горнолыжного поворота с учетом ангуляции спортсмена.

### Литература

1. Леготин, С.Д. Механика горных лыж: резаный поворот без ангуляции [Электронный ресурс] / С.Д. Леготин, А.А. Ривлин, В.И. Данилин. – Электрон. дан. // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2017, вып. 7. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-7-1632>. – Загл. с экрана.
2. Ривлин, А.А. Ангуляция как основа динамической стойки спортсмена-горнолыжник / А.А. Ривлин, С.Д. Леготин // Культура физическая и здоровье. – 2018. – Т. 65. – №1. – С. 63-69.
3. Ривлин, А.А. Центральная стойка – основа горнолыжной техники / А.А. Ривлин, С.Д. Леготин, Е.А. Умрюхин // Культура физическая и здоровье. – 2018. – Т. 67 – №3. – С. 45-50.
4. Данилин, В.И. Экспериментальные исследования методики подготовки инструкторов по обучению технике катания на горных лыжах в экстремальных условиях / В.И. Данилин, Ю.В. Байковский // Экстремальная деятельность человека. – 2017. – №2 (43). – С. 39-42

### Literature

1. Legotin, S.D. The mechanics of mountain skiing: a cut turn without angulation [Electronic resource] / S.D. Legotin, A.A. Rivlin, V.I. Danilin. – Electron. Dan. // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2017, vol. 7. – Access mode: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-7-1632>. – Ver. from the screen.
2. Rivlin, A.A. Angulation as the basis of the athlete's dynamic strut-skier / A.A. Rivlin, S.D. Legotin // Culture physical and health. – 2018. – Т. 65. – №1. – P. 63-69.
3. Rivlin, A.A. The central counter is the basis of ski equipment / A.A. Rivlin, S.D. Legotin, E.A. Umryukhin // Culture physical and health. – 2018. – Т. 67. – №3. – P. 45-50.
4. Danilin, V.I. Experimental researches of a technique of preparation of instructors on training to the technics of driving on mountain skiing in extreme conditions / V.I. Danilin, Yu.V. Baikovsky // Extreme activity of man. – 2017. – №2 (43). – P. 39-42