

УДК 595.768.24.+630.453.543.789

ОЦЕНКА УСИЛИЙ ОТРЫВА ШИШЕК ЛИСТВЕННИЦЫ, СОСНЫ И КЕДРА

© 2023 г. С. Н. Орловский^а, А. И. Карнаухов^{б, *}

^аКрасноярский государственный аграрный университет, просп. Мира, д. 90, Красноярск, 660049 Россия

^бСибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, просп. Мира, д. 82, Красноярск, 660049 Россия

*E-mail: Karnaukhov.ai@mail.ru

Поступила в редакцию 18.10.2022 г.

После доработки 07.11.2022 г.

Принята к публикации 21.02.2023 г.

В статье приведены результаты исследований по определению усилий отрыва шишек лиственницы, сосны и кедра на территории Восточной Сибири, которые являются одним из основных показателей, определяющих параметры машин и механизмов для сбора шишек хвойных пород. Усилия отрыва шишек замерялись при различных сроках сбора в верхней, средней и нижней частях кроны и при разных углах направления усилий отрыва. Пределы изменения этих усилий составляют: у сосны – 23.5–48.1 Н, у лиственницы – 27.5–42.2 Н; у кедра – 3.9–7.8 Н. Полученные данные могут служить основой для расчета параметров средств механизации для сбора шишек сосны, лиственницы и кедра. При проектировании машин и механизмов для сбора шишек с деревьев хвойных пород необходимо иметь исходные данные, определяющие параметры рабочих органов. Одним из таких параметров является величина усилий, необходимых для отрыва шишек от ветвей. Усилия отрыва шишек у деревьев в европейской части России определяли ряд исследователей. Так, по данным И.М. Зимы с соавторами (1966), сила отрыва шишек у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) составляет 41.2 Н. По данным И.А. Лаврова (1970), шишки сосны отрываются при усилии 21.1 Н, а у лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) – при усилии 39.2 Н. В Сибири исследования по отрыву шишек впервые проводились в 1970 г. лабораторией механизации сбора и обработки лесных семян ВНИИМ лесхоза (Орловский и др., 2016). Отрыв шишек у лиственницы, сосны и кедра изучался в лесхозах Красноярского и Алтайского краев и в Республике Тыва. Усилия отрыва шишек сосны и лиственницы измерялись в нижней, средней и верхней частях крон динамометрами с ценой деления 0.1 Н и с фиксирующим устройством максимальных усилий. Измерения проводились вдоль, под углом 40°–50° и под углом 90° к ветви.

Ключевые слова: сбор шишек, усилие отрыва шишек, сосна обыкновенная, лиственница сибирская, кедр сибирский.

DOI: 10.31857/S0024114823060074, **EDN:** EKDTKR

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Усилия отрыва шишек кедра определялись на растущих деревьях посредством подъема в крону на вышке, смонтированной на автомобиле повышенной проходимости ГАЗ-66, специально изготовленным динамографом (с ценой деления 0.1 Н), дополненным сдвигаемой пластиной-ползунком, фиксирующей максимальное приложенное усилие. Измерения делались только в верхней части кроны, так как в нижней шишки нет, а в средней их мало, и расположены они на концах длинных ветвей, куда без специальных подъемных механизмов приблизиться невозможно. Ориентирование по отношению к ветвям не учитывалось, потому что они хрупкие и оторвать с них в нужном направлении шишку, не сломав ветки, труд-

но. При спиливании и сбрасывании ветвей на землю шишки отваливаются (Баранов, 1962; Винокуров, Силаев, 1999).

Усилия отрыва шишек лиственницы в Красноярском крае изучались с середины сентября до начала октября, то есть в начале, середине и конце срока сбора семян. В Республике Тыва они определялись в третьей декаде сентября, что соответствует середине срока сбора. Данные измерений показывают, что как в Республике Тыва, так и в Красноярском крае средние значения усилий отрыва шишек мало зависят от их расположения в кроне.

Проведенные измерения показали, что у кедра усилие отрыва в 4–5 раз ниже, чем у сосны и лиственницы. Заметное влияние оказывает направле-

Таблица 1. Сила отрыва шишек лиственницы сибирской при разных направлениях усилий и сроках сбора, Н

Район работ	Направление усилий отрыва	Часть кроны	Начало сбора	Середина сбора	Конец сбора
Мининский лесхоз Красноярского края	Вдоль побега	Низ	32.4	38.3	36.3
		Середина	36.3	39.2	39.2
		Верх	34.3	41.2	42.2
	Под углом 40°–50°	Низ	31.4	31.4	34.3
		Середина	32.4	34.3	37.3
		Верх	34.3	33.4	35.3
	Под углом 90°	Низ	29.4	36.3	27.5
		Середина	30.4	32.4	38.3
		Верх	31.4	33.4	36.3
	Средние значения усилий отрыва		32.5	35.3	36.3
Тандинский лесхоз Республики Тыва	Вдоль побега	Низ		33.4	
		Середина		31.4	
		Верх		34.3	
	Под углом 40°–50°	Низ		32.4	
		Середина		31.4	
		Верх		33.4	
	Под углом 90°	Низ		27.5	
		Середина		29.4	
		Верх		29.4	
	Средние значения усилий отрыва			31.4	

ние усилий по отношению к ветви. Так, если усилия отрыва, направленные вдоль ветвей и под углом в 40°–50° к ним, близки между собой, то усилия, направленные под углом 90°, примерно в 1.5 раза ниже. Это объясняется тем, что при отрыве шишек под углом 90° происходит скалывание в месте прикрепления плодоножки к ветви (Дербердеев, 1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Усилия отрыва шишек зависят от условий местопроизрастания. В Республике Тыва (табл. 1), например, они в 1.2 раза меньше, чем в Красноярском крае.

Распределение усилий отрыва шишек лиственницы показано на графиках (рис. 1, 2). Из них видно, что сопротивление отрыву шишек от ветвей (“P”) как в Республике Тыва, так и в Красноярском крае колеблется от 9.8 до 98.1 Н, причем наиболее часто усилие отрыва составляет 19.6–39.2 Н.

Исходя из этого, при конструировании машин и механизмов для сбора шишек лиственницы сибирской оптимальными для отрыва шишек от ветвей следует считать усилия 19.6–68.7 Н (Пошарников, Черных, 2005).

Сопротивление шишек более 68.7 Н встречается редко, поэтому им можно пренебречь.

Усилия отрыва шишек сосны обыкновенной изучались в Ракитинском лесхозе Алтайского края и в Мининском лесхозе Красноярского края (табл. 1).

В Мининском лесхозе исследования проводились в ноябре, то есть примерно в начале срока сбора шишек, а в Ракитинском – в апреле (конец срока).

Из табл. 2 видно, что расположение шишек в кроне на усилие отрыва большого влияния не оказывает. Близки между собой и усилия отрыва вдоль и под углом 40°–50° к ветви. Усилия же отрыва шишек под углом 90° в обоих лесхозах примерно в 1.5 раза ниже, чем вдоль и под углом 40°–50° к ветви. У сосны обыкновенной так же, как и у лиственницы, в местах крепления плодоножки к побегу происходит скалывание (Попов и др., 1997).

В начале срока сбора усилия отрыва в Мининском лесхозе (при температуре –10...–30°С) выше в 1.4 раза, чем в конце срока сбора в Ракитинском лесхозе (при температуре +8...+12°С), что объясняется не только влиянием температуры и различием в сроках сбора шишек, но, видимо, и несхожими условиями местопроизрастания древостоев.

Сопротивление срыву шишек у кедра сибирского (*Pinus sibirica*) определялось в Боготольском лесхозе Красноярского края и в Тандинском лесхозе Республики Тыва (табл. 1). Эксперименты ставились в разные периоды сбора шишек. Так, в

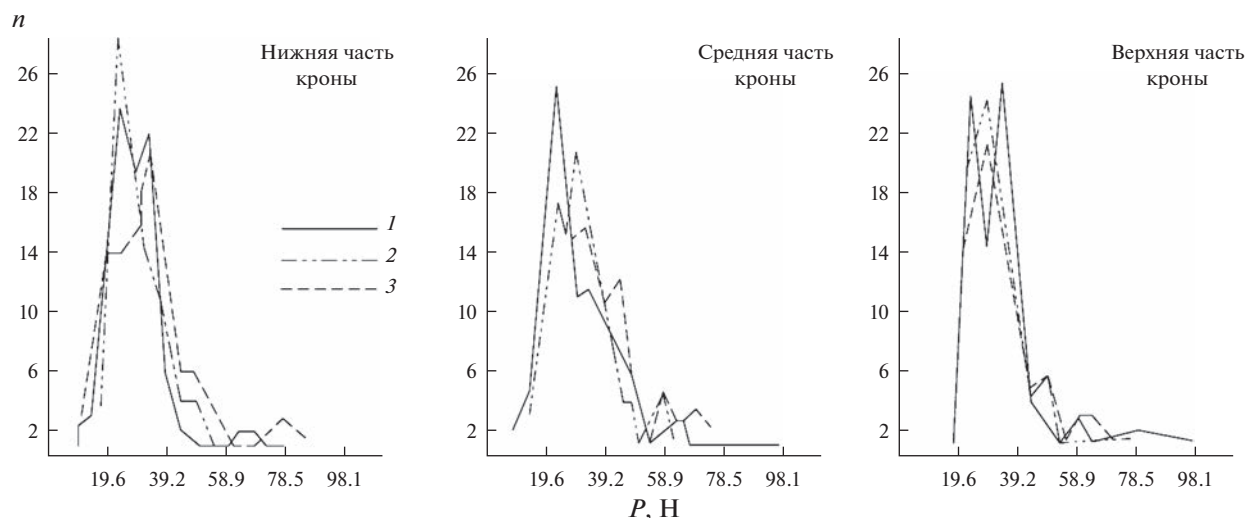


Рис. 1. Распределение усилий отрыва (P) шишек лиственницы в Республике Тыва: 1 – под углом 90° ; 2 – под углом 40° – 50° ; 3 – вдоль побега.

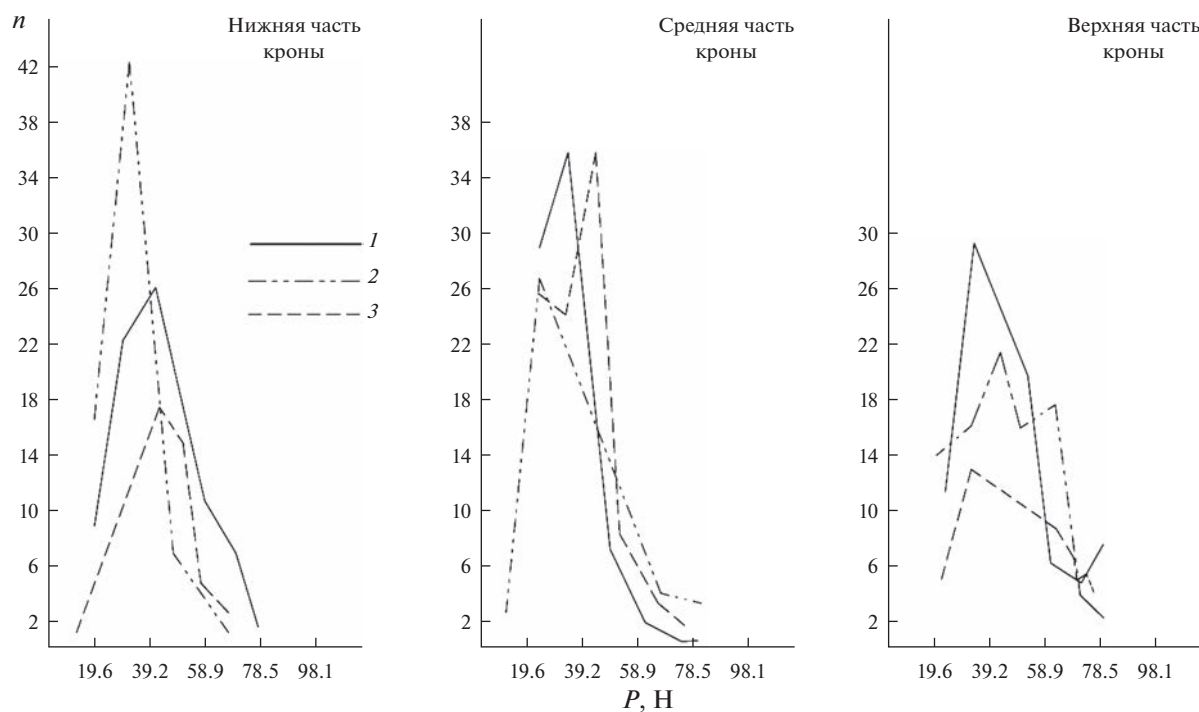


Рис. 2. Распределение усилий отрыва (P) шишек лиственницы в Мининском лесхозе: 1 – под углом 90° ; 2 – под углом 40° – 50° ; 3 – вдоль побега.

Тандинском лесхозе работы велись в конце второй и в начале третьей декады сентября, а в Боготольском – в третьей декаде октября, что можно отнести к концу сбора шишек (Сатаров, 2017).

В результате обработки полученных материалов выяснены средние значения усилия отрыва шишек кедра для Тандинского и Боготольского

лесхозов (6.06 ± 0.01 Н и 4.93 ± 0.13 Н). Характеристика изменчивости – соответственно 27.5 и 39.1%; точность опыта – 1.2 и 2.5%; достоверность опыта – 83.5 и 38.7%.

Из приведенных данных видно, что средние значения усилий отрыва шишек кедра сибирского от ветвей оказались в Боготольском лесхозе на

Таблица 2. Сила отрыва шишек сосны обыкновенной при разных направлениях усилий, Н

Направление усилий отрыва	Часть кроны	Мининский лесхоз	Ракитинский лесхоз
Вдоль ветви	Низ	45.1	38.3
	Середина	38.3	36.3
	Верх	41.5	36.3
Под углом 40°–50°	Низ	38.3	38.3
	Середина	40.2	34.3
	Верх	48.1	38.3
Под углом 90°	Низ	47.1	25.5
	Середина	36.3	24.5
	Верх	45.1	23.5

23% ниже, чем в Тандинском. Это варьирование можно объяснить различными условиями место-произрастания (горные и равнинные леса), а также влиянием температуры, влажности воздуха и др.

Из рис. 3, на котором приведено распределение усилий отрыва шишек кедр, видно, что при обосновании параметров рабочих органов сопротивлением более 8.8 Н можно пренебречь, так как количество шишек с таким сопротивлением не превышает 5% (Свиридов, Вершинин, 2002). Амплитуда колебаний сопротивлений отрыву шишек была: в Тандинском лесхозе – в пределах 2.0–9.5 Н, в Боготольском – 1.2–9.6 Н. Наиболее встречающиеся усилия отрыва шишек кедр от ветвей – 3.9–7.9 Н.

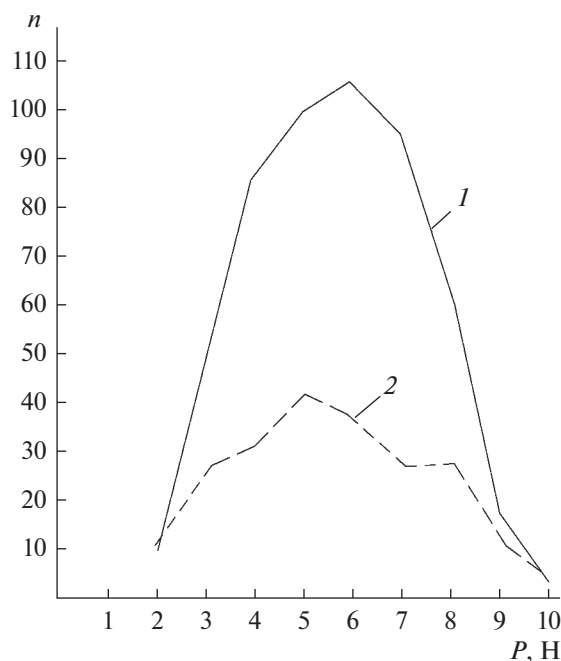


Рис. 3. Распределение усилий отрыва (P) шишек кедр: 1 – в Тандинском лесхозе Республики Тыва; 2 – в Боготольском лесхозе Красноярского края.

ВЫВОДЫ

1. Пределы изменения усилий отрыва шишек колеблются: у сосны обыкновенной – в пределах 23.5–48.1 Н, у лиственницы сибирской – 27.5–42.2 Н, у кедр сибирского – 3.9–7.8 Н.

2. Сила отрыва шишек вдоль ветви и под углом 40°–50° близки между собой. Сила отрыва, направленная под углом 90° к ветви, у лиственницы на 20–30%, а у сосны на 8–20% ниже, чем сила отрыва, направленная вдоль ветви.

3. Наибольшая повторяемость силы отрыва шишек лиственницы и сосны лежит в пределах 19.6–49.1 Н, а шишек кедр 6.9–7.8 Н.

Полученные данные могут служить основой для расчета параметров рабочих органов механизмов для сбора шишек сосны, лиственницы и кедр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранов А.И. Машины и механизмы для лесного хозяйства. М.: Гослесбумиздат, 1962. 380 с.
- Винокуров В.Н., Силаев Г.В. Лесохозяйственные машины и их применение. М.: МГУЛ, 1999. 234 с.
- Дербердеев А.А. К вопросу о центре тяжести и моменте инерции дерева // Лесной журнал. 1966. № 6. С. 53–63.
- Зима И.М., Вовк Н.А., Столетний Н.И. Механизация сбора семян с растущих деревьев // Украинская сельскохозяйственная академия. Отчет кафедры механизации лесохозяйственных работ и лесозащиты. Киев, 1966.
- Лавров И.А. Сопротивление шишек сосны, ели и лиственницы срыву // Исследование и совершенствование лесотранспортных машин. Вып. 125. Л.: ЛТА, 1970. С. 128–131.
- Орловский С.Н., Астапенко С.А., Комиссаров С.В. Методика расчета оборудования для отряхивания гусениц и шишек с хвойных деревьев // Лесной журн. 2016. № 2. С. 69–80.
- Пошарников Ф.В., Черных А.С. Концепция развития лесоперерабатывающих производств // Наука и образование на службе лесного комплекса: Материалы между-

народной научно-практической конференции. Воронеж: ВГЛТА, 2005. С. 232–235.

Попов В.К., Смогунова Т.С., Свиридов Л.Т. Заготовка и переработка лесосеменного сырья. Воронеж: ВГЛТА, 1997. 60 с.

Сатаров Г.А. Машины и механизмы в лесном и лесопарковом хозяйстве. Ульяновск: УлГУ, 2017. 110 с.

Свиридов Л.Т., Вершинин В.П. Технологии, машины и оборудование в лесном хозяйстве. Воронеж: ВГЛТА, 2002. 312 с.

Assessing the Amount of Force Necessary to Pick off Cones from Siberian Larch, Scots Pine and Siberian Pine Trees

S. N. Orlovskiy¹ and A. I. Karnaukhov^{2, *}

¹Krasnoyarsk state agrarian university, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049 Russia

²Reshetnev's Siberian State University of Science and Technology, Mira ave., 82, Krasnoyarsk, 660049 Russia

*E-mail: Karnaukhov.ai@mail.ru

The article presents the results of studies conducted in Eastern Siberia, dedicated to determining the amount of force required for detachment of Siberian larch, Scots pine and Siberian pine cones, which is one of the main indicators that determines the parameters of cone collecting machines and mechanisms for coniferous species. The pick-off force for the cones was measured at different collection times in the upper, middle, and lower parts of the crown and at different angles of pull-off force direction. The limits of these forces variability are: for the Scots pine – 23.5–48.1 N, for the Siberian larch – 27.5–42.2 N; for the Siberian pine – 3.9–7.8 N. The data obtained can serve as a basis for calculating the parameters of cone collecting mechanisation tools for the aforementioned species. When designing machines and mechanisms for collecting the coniferous trees' cones, it is necessary to have initial data that determine the parameters of the working bodies. One of these parameters is the amount of effort required to separate the cones from the branches. The forces of detaching cones from trees in the European part of Russia were determined by a number of researchers. According to I.M. Zima with co-authors (1966), the force of detachment of cones in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is 41.2 N. According to I.A. Lavrov (1970), pine cones can be torn off with a force of 21.1 N, and the cones of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb) – with a force of 39.2 N. In Siberia, studies on the cones detachment were first carried out in 1970 by the laboratory of mechanization of the forest seeds collection and processing of the ASRIM forestry enterprise (Orlovsky et al., 2016). The detachment of Siberian larch, Scots pine and Siberian pine cones was studied in the forestry enterprises of the Krasnoyarsk and Altai regions and in the Republic of Tyva. The pull-off forces of Scots pine and Siberian larch cones were measured in the lower, middle, and upper parts of the crowns using dynamometers with a 0.1 N division value and with a maximum force recording device. The measurements were carried out along the branch, at an angle of 40°–50° and at an angle of 90° to the branch.

Keywords: cones collection, cones pick-off force, Scots pine, Siberian larch, Siberian pine.

REFERENCES

- Baranov A.I., *Mashiny i mekhanizmy dlya lesnogo khozyaistva* (Machinery and mechanisms for the forestry), Moscow: Goslesbumizdat, 1962, 380 p.
- Derberdeev A.A., K voprosu o tsentre tyazhesti i momente inertsii dereva (On the question of the center of gravity and the moment of inertia of a tree), *Lesnoi zhurnal*, 1966, No. 6, pp. 53–63.
- Lavrov I.A., Soprotivleniye shishek sosny, eli i listvennitsy sryvu (Resistance of pine, spruce and larch cones to failure), *Issledovanie i sovershenstvovanie lesotransportnykh mashin*, Leningrad: LTA, 1970, Vol. 125, pp. 128–131.
- Orlovskii S.N., Astapenko S.A., Komissarov S.V., Metodika rascheta oborudovaniya dlya otryakhvaniya gusenits i shishek s khvoinykh derev'ev (Calculation of equipment for shaking of cones and larvae off conifer trees), *Lesnoi zhurnal*, 2016, No. 2, pp. 69–80.
- Popov V.K., Smogunova T.S., Sviridov L.T., *Zagotovka i pererabotka leseosemennogo syr'ya* (Harvesting and processing of forest seed raw materials), Voronezh: VGLTA, 1997, 60 p.
- Posharnikov F.V., Chernykh A.S., Kontseptsiya razvitiya lesoobrabatyvayushchikh proizvodstv, *Nauka i obrazovanie na sluzhbe lesnogo kompleksa* (Science and education in the service of the forest complex), Voronezh, Proc. of the international scientific and practical conf., Voronezh: VGLTA, 2005, pp. 232–235.
- Satarov G.A., *Mashiny i mekhanizmy v lesnom i lesoparkovom khozyaistve* (Machinery and mechanisms in forestry and forestry), Ulyanovsk: UIGU, 2017, 110 p.
- Sviridov L.T., Vershinin V.P., *Tekhnologii, mashiny i oborudovanie v lesnom khozyaistve* (Technologies, machines and equipment in forestry), Voronezh: VGLTA, 2002, 312 p.
- Vinokurov V.N., Silaev G.V., *Lesokhozyaistvennyye mashiny i ikh primeneniye* (Forestry machinery and their applications), Moscow: MGUL, 1999, 234 p.
- Zima I.M., Vovk N.A., Stoletnii N.I., *Mekhanizatsiya sbora semyan s rastushchikh derev'ev* (Mechanization of seed collection from growing trees), In: *Ukrainskaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya. Otchet kafedry mekhanizatsii lesokhozyaistvennykh rabot i lesoekspluatatsii* (Ukrainian Agricultural Academy. Report of the Department of Mechanization of Forestry Works and Forest Exploitation), Kiev: 1966.