

2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК

УДК 004.451.5

К.Д. Жук, Ф.В. Свойкин, С.А. Угрюмов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВЫХОДА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ОТДЕЛЬНОЙ ЧАСТИ СТВОЛА ДЕРЕВА

Введение. Лесопромышленный комплекс России характеризуется ежегодным повышением объемов заготовки и переработки древесины, что связано с устойчивым внутренним и внешним спросом на древесную продукцию со стороны строительной сферы, мебельной промышленности, авто-, вагоностроения и иных сфер, а также реакцией потребителей на новейшие вызовы, а именно: в условиях SARS-CoV-2 (COVID-19) увеличение спроса на деревянное загородное домостроение, а также увеличение спроса на экологичную упаковку (из-за закрытия границ, повышения экологической ответственности, повышенной заботы о здоровье). Ежегодно заготавливается порядка 220 млн м³ древесины [Шавкун, Литвин, 2019]. В России около 80% древесины заготавливается в круглом виде по сортиментной скандинавской технологии с применением многооперационных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (ВСРМ), оснащенных программным обеспечением для контроля объема и размерно-качественных характеристик заготовленной древесины, а также иных параметров [Мануковский и др., 2020; Большаков, 2015].

Проблема повышения качества учета контроля размерно-качественных характеристик древесины, получаемой в процессе лесозаготовки, является одним из основных аспектов в условиях рыночных отношений для лесозаготовительных предприятий и фактором регулирования издержек производства [Герасимов, Сенькин, Вятайнен, 2012]. Информацию по размерным параметрам заготовленной древесины в результате выполнения каждого поперечного реза пильным механизмом цепной пилы харвестер-

ной головки система контроля-измерения ВСРМ хранит в файлах с различными расширениями. Производители лесной техники снабжают системы контроля-измерения ВСРМ программными комплексами собственной разработки, например, TimberMatic H от John Deere, Ponsse Opti 4G от Ponsse, MaxiXT от Komatsu Forest, Rottne Forester от Rottne Industri AB, которые имеют достаточно большое количество встроенных решений.

В настоящее время отечественное программное обеспечение, которое позволяло бы динамически проанализировать объем отдельного ствола дерева, на рынке не представлено. Имеются только иностранные программные комплексы, позволяющие оценить заготовленную продукцию в целом. Стоит отметить тенденцию к обязательному наличию предустановленного отечественного программного обеспечения на новой лесозаготовительной технике, выпускаемой в России, что обуславливает актуальность исследований и разработок в данной области.

Объем заготовленных круглых сортиментов может быть определен поштучно путем измерения диаметра и длины каждого сортимента, или групповым методом по параметрам пачки, пакета или транспортной емкости путем непосредственного обмера их совокупности, по фотографии, при помощи электронно-оптических средств, взвешиванием или погружением в воду [Альпер, 2017]. Ввиду невозможности при работах хозяйственного значения определять объем круглого леса весовым или ксилметрическим методом, применяют стереометрические формулы или специальные таблицы. Объем древесного ствола определяется различными методами: по упрощенным формулам Б.А. Шустова, Денцина, по срединному сечению ствола по формуле Губера, по двум сечениям ствола по формуле Смалина, по сечению на 1/3 высоты ствола по формуле Госфельда, по срединным сечениям на отрезках ствола различной длины – сложная формула Губера [Ляпустин, Фоменко, 2010; Крамер, 1975].

В современных многооперационных лесных машинах основные размерные параметры заготовленных сортиментов определяются автоматически (без участия оператора в процессе формирования отчетов). Для чтения и расшифровки информации о стволах и представления ее в графическом и табличных видах необходимо считывать файлы с расширением *stm* для последующего анализа в специализированных программах (*SilviA* и *Timbermatic300*, *TimberOffice5* от John Deere, *MaxiS* от Komatsu Forest и т. д.), не входящих в стандартную комплектацию ВСРМ и являющихся опциональными.

Многие программы, например, MaxiS от Komatsu Forest, зачастую являются дополнительным программным обеспечением и обладают сложным для восприятия и интерпретации интерфейсом (рис. 1), используют неадаптированные для России алгоритмы (сбег ствола, процент коры и т. д.), при этом отсутствует межплатформенность их использования.

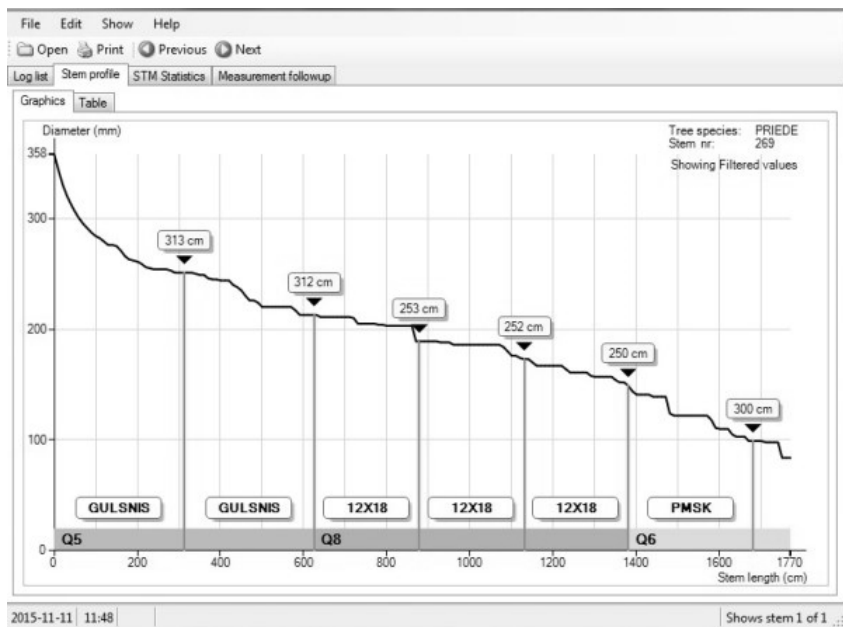


Рис. 1. Графический интерфейс пользователя существующих программ анализа файлов ствола

Fig. 1. Graphical user interface of existing trunk file analysis programmes

Исследованию вопроса совершенствования программного обеспечения лесных машин и упрощения считывания полученных данных посвящен ряд работ [Свойкин, Яковлев, Молчанова, 2013; Свойкин, Молчанова, 2015; Самородницкий, Свойкин, 2018]. Однако ни в одном программном комплексе современных ВСПМ нет программного обеспечения для динамического расчета отдельной части ствола дерева. Наличие такой функции может помочь проанализировать количество и качество заготовленной древесины на любой текущий момент времени и произвести комплексный анализ процесса заготовки древесины с повышением выхода готовой про-

дукции путем моделирования оптимального графика раскроя-раскряжевки ствола на основе анализа большого объема данных непосредственно в ВСПМ или удаленно посредством программного обеспечения, позволяющего осуществлять анализ результатов лесозаготовительного процесса. Наличие подобного программного обеспечения способствовало бы предотвращению лишних комлевых и иных резов пильной цепи харвестерной головки с увеличением производительности и повышением срока службы пильного механизма (неисправность пильного механизма – наиболее частая причина перерывов в работе ВСПМ, напрямую влияющая на общую производительность фазы заготовки древесины).

Целью работы является создание программного обеспечения для графического представления и динамического расчета объема заготовленной древесины многооперационными лесными машинами продукции, в том числе для оперативного учета размерных параметров древесины, заготовленной из любой части ствола дерева.

Методика исследования. Разрабатываемое программное обеспечение написано на языке программирования Python, который распространяется под свободной лицензией [Никонорова, Тимофеев, Кузнецова, 2019]. Выбор языка программирования Python обусловлен тем, что он имеет динамическую типизацию и содержит достаточное количество библиотек, которые можно свободно использовать для своих исследований. Он прост в понимании, удобен для написания сложных графических интерфейсов и позволяет компилировать исходный код в формат исполняемого файла (exe), который возможно запустить на любом компьютере, имеющем операционную систему Windows XP или более позднюю, что особо актуально для использования на существующих лесных машинах.

Язык программирования Python использовали в среде программирования PyCharm Community, которая также распространяется свободно. Основным конкурентом является среда разработки Spyder, однако для быстрой работы с кодом использовать PyCharm Community практичнее, поскольку в ней глубоко развита система подсказок при написании кода, что существенно экономит время при разработке.

Результаты исследования. Рассмотрим файлы, которые можно получить с существующего программного обеспечения многооперационных лесных машин для контроля размерных параметров заготовленных сортиментов. Они имеют расширение STM и соответствуют стандарту StanForD2010, который используется подавляющим большинством произ-

водителей лесной техники при проектировании специализированных программ. Данный стандарт разработан лесным исследовательским институтом Швеции (Skogforsk), в нем содержится описание переменных, используемых при создании файлов в бортовых компьютерах лесных машин. Данный стандарт помогает не только создавать итоговые файлы с информацией о состоянии работы, например, на ВСПМ, но и может использовать файлы настройки, которые задают режим функционирования лесной машины. На рис. 2 изображен фрагмент данного стандарта [StanForD2010, 2010].

Stem-data variables (stm file)						
Var #	Name	Type	Data type	Unit	Pri	Description
18	CONTRDATE	4	string	yyyymmddhhmmss	1	Measuring date for each stem (date when stem was harvested and measured by harvester, M1-measurement)
⋮						
21 *	SITENO	1	string	Text	1	Logging unit number (mandatory in prd-, pri-, stm- and ktr-files)
*		2	string	text	1	Marking for cutting
*		3	string	text	2	Compartment number
*		4	string	text	2	Lot number
*		5	Integer	Code	3	Code to express if the logging site is certified or not: 0 = Not certified 1 = Certified
31 *	ORG	1	string	Text	3	Organization
*		2	string	text	3	Region
*		3	string	text	3	District
*		4	string	text	3	Working team
*		5	string	text	3	Wood pile

Рис. 2. Фрагмент стандарта StanForD2010
 Fig. 2. Fragment of the StanForD2010 standard

Поскольку разрабатываемое программное обеспечение является специализированным, то используем только часть информации, находящейся в файлах ствола с форматом записи var type, где var – номер переменной, type – тип переменной:

269 2 – длина шага, по достижении которого харвестер записывает информацию о величине диаметра в данной точке;

293 5 – набор длин сортиментов;

- 291 5 – величина максимального диаметра в данном сортименте с учетом коры;
- 292 5 – величина максимального диаметра в данном сортименте без учета коры;
- 296 2 – вид каждого сортимента;
- 297 1 – качество каждого сортимента;
- 299 1 – объем каждого сортимента;
- 299 3 – вычисленный объем каждого сортимента с учетом коры;
- 299 2 – вычисленный объем каждого сортимента без учета коры;
- 300 1 – причина остановки пильного элемента;
- 270 1 – порядковый номер ствола;
- 272 2 – длина всего ствола;
- 273 3 – величина стартового диаметра и набор его изменений, которые измерены с разницей в длину шага;
- 120 2 – вид ствола (ель, сосна, береза и т. д.).

Перечисленные выше наборы переменных и типов позволяют усовершенствовать графическое отображение заготовленного ствола дерева, а также составить таблицы с информацией по каждому заготовленному сортименту. На рис. 3 представлен графический интерфейс пользователя, с помощью которого можно более информативно просматривать данные по файлам STM.

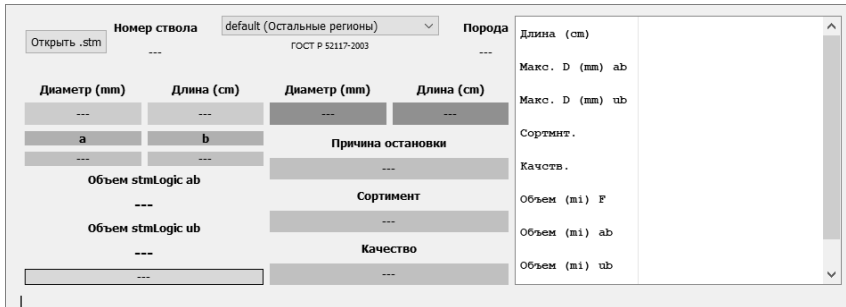


Рис. 3. Графический интерфейс пользователя

Fig. 3. Graphical user interface

Согласно информации, которую получаем из файлов, создаем необходимые элементы для ее отображения. Дополнительно к полученным частям интерфейса добавляем поля для вывода информации по объему ство-

ла, вычисленному до выбранной точки. Для подсчета объема древесины без учета коры используем коэффициенты регрессии, которые указаны в ГОСТ Р 52117–2003 «Лесоматериалы круглые. Методы измерений».

Для того чтобы рассчитать диаметр в конкретной точке без учета коры (d_k), необходимо вычесть из его величины двойную толщину коры (K), используя формулу

$$K = a + bd_k, \quad (1)$$

где a – коэффициент регрессии; b – коэффициент регрессии; d_k – диаметр бревна с корой, см.

Коэффициенты a и b определяются в соответствии с ГОСТ Р 52117–2003 или с принятыми к исполнению в лесозаготовительных компаниях нормативно-правовыми актами и техническими регламентами. Однако кроме применения коэффициентов регрессии для отдельно взятого диаметра в конкретной точке, можно использовать поправочный коэффициент для всего объема вычисленной древесины с корой. Вычисляется итоговый объем (V) в соответствии с формулой

$$V = V_k P_k, \quad (2)$$

где V_k – объем добытой древесины с корой, м³; P_k – поправочный коэффициент для итогового объема коры.

Поправочный коэффициент P_k вычисляем, исходя из коэффициентов регрессии, которые так же, как и для двойной толщины коры, указаны в ГОСТ Р 52117–2003. Итоговый поправочный коэффициент (P_k) вычисляется по формуле

$$P_k = P_k = a_n - \frac{b_n}{d_k} + \frac{c}{d_k^2}, \quad (3)$$

где a_n , b_n , c – поправочные коэффициенты; d_k – диаметр бревна с корой, мм.

Коэффициенты a_n , b_n , c хотя и указаны в ГОСТ Р 52117–2003, являются вычисляемыми и могут быть получены путем изменения коэффициентов регрессии, которые используются для расчета величины диаметра без коры.

Коэффициент a_n определяется по формуле

$$a_n = b^2 - 2b + 1, \quad (4)$$

где b – коэффициент регрессии.

Коэффициент b_n определяется по формуле

$$b_n = 2a - 2ab, \quad (5)$$

где a , b – коэффициенты регрессии.

Коэффициент c определяется по формуле

$$c = a^2, \quad (6)$$

где a – коэффициент регрессии.

Таким образом, получаем, что для вычисления указанного итогового объема без коры достаточно его умножить на поправочный коэффициент, рассчитываемый по коэффициентам регрессии, указанным в ГОСТ Р 52117–2003 для вычисления величины диаметра ствола в указанной точке без коры. Однако стоит учесть, что данные коэффициенты могут быть рассчитаны компаниями индивидуально, исходя из специфики природно-производственных и лесорастительных условий, в которых производится заготовка.

Рассмотрим метод, с помощью которого рассчитывается объем ствола до указанной точки в разрабатываемом программном обеспечении. Поскольку измерения величины диаметра ствола у харвестера происходят измерительным колесом со встроенным датчиком диаметра в харвестерной головке через каждые 10 см, то и считать объем будем, суммируя отдельные части. Каждая из таких частей будет иметь форму усеченного конуса, однако может иметь и форму цилиндра, но это тот же усеченный конус с равными верхним и нижним основаниями. Таким образом, можно рассчитать объем одной секции (V), длина которой равна величине шага:

$$V = \frac{\pi L(d^2 + dD + D^2)}{12 \cdot 10^4}, \quad (7)$$

где L – длина участка, м; D – нижний диаметр основания, см; d – верхний диаметр основания, см; π – число π , округленное до 4 знаков после запятой.

Стоит отметить, что при вычислении объема всех необходимых участков последний может иметь длину, отличную от длины шага. Например, длина всего участка 1024 см. Это означает, что в программе будет ровно 102 участка с длиной шага, равной 10 см, и будет один участок протяженностью 4 см. Следовательно, параметр L в формуле (7) примет значение, равное 4, а не 10, как для предыдущих блоков с усеченным конусом.

На рис. 4 изображен разработанный графический интерфейс пользователя с открытым STM файлом.

Проанализируем полученный результат на рис. 3. При наведении красной линии на участок ствола, мы получаем незамедлительно вид данного сортимента, его качество и причину остановки. Также в поля «Объем stmLogic ab» и «Объем stmLogic ub» записываются объемы с корой и без коры соответственно.

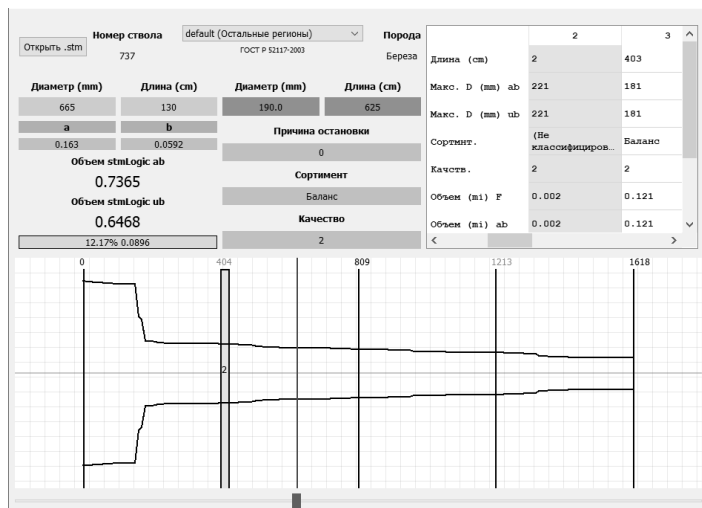


Рис. 4. Открытый файл stm в разработанной программе

Fig. 4. Opened stm file in the developed programme

Некоторые участки при раскряжевке имеют длину гораздо меньше, чем длина шага, например, откомлевки,резы 10–20 см для отсечения напенной гнили при отправке первого сортимента в пиловочник, а не в баланс по критерию качества. Такие сортименты сложно отобразить на графическом представлении ствола, поэтому при разработке программы осуществляем сдвиг правой границы на несколько пикселей, чтобы визуально было понятно, что длина сортимента меньше величины шага. Также подкрашиваем подобные участки желтым цветом на графическом представлении ствола и в таблице с данными по каждому сортименту. Вместе с объемом древесины вычисляется процент коры и его численное содержание до указанной точки на стволе. Красным цветом выделяются поля, в которые динамически записывается текущая длина ствола и величина диаметра на данный момент.

Сложность вычисления указанных параметров состоит в том, что при попадании указателя ползунка на интервал между двумя основаниями усеченного конуса необходимо вычислять диаметр путем вывода уравнения для прямой, которая является боковой стенкой усеченного конуса. На рис. 5 показана данная ситуация.



Рис. 5. Пример попадания ползунка в интервал

Fig. 5. Example of slider hitting an interval

Синими точками на рис. 5 отмечен интервал длиной в один шаг. В данном случае он составляет 10 см. Поскольку величина диаметра рассчитывается программным обеспечением ВСРМ только в точках, которые кратны длине шага, то для вычисления диаметра в точке C необходимо составить уравнения прямой AB и подставить в него значение текущей длины, на которой находится указатель ползунка. Выведем уравнение для нахождения диаметра в указанной точке ствола дерева. По оси абсцисс у нас будет отложена длина, а по оси ординат – величина диаметра (d). Общее уравнение для прямой AB выглядит следующим образом:

$$d = kL + b. \quad (8)$$

где L – высота ствола до d , см; k – коэффициент наклона прямой AB ; b – коэффициент сдвига прямой AB .

Для нахождения коэффициентов k и b требуется решить систему уравнений. По формулам (9) и (10) можно вычислить данные коэффициенты:

$$b = \frac{L_A d_B - L_B d_A}{L_A - L_B}, \quad (9)$$

$$k = \frac{d_A - b}{L_A}, \quad (10)$$

где L_A – длина от начала ствола и до нижнего основания усеченного конуса, см; L_B – длина от начала ствола и до верхнего основания усеченного конуса, см; d_A – диаметр ствола при длине L_A , мм; d_B – диаметр ствола при длине L_B , мм.

Подставив полученные уравнения (9), (10) в формулу (8), получаем полноценное уравнение, с помощью которого можно будет динамически просчитывать величину диаметра в конкретной точке ствола дерева. Таким образом, подставляя в уравнение значения коэффициентов k и b , а также значение L , можно вычислить необходимый диаметр.

При графическом отображении ствола дерева возникает проблема масштабирования картинки при изменении масштаба окна программы. Для ее решения необходимо переопределить событие `resizeEvent`, в котором вычисляются текущая ширина и высота программы. Определяя соотношение высоты и диаметра и соотношение длины и ширины при начальном запуске программы, можно использовать полученные коэффициенты для корректной отрисовки в правильных пропорциях.

Одной из самых трудных задач на данный момент является определение сбежистости ствола дерева. Используя разработанную программу, можно приблизительно оценить данный параметр и, в зависимости от величины сбежистости, спрогнозировать выход древесины. При дальнейшем развитии в данной области планируется использовать методы машинного обучения для прогнозирования сбежистости ствола дерева на шаг вперед на основании большого объема экспериментальных данных, полученных в типичных природно-производственных условиях арендной базы лесозаготовительных предприятий СЗФО РФ. То есть при нахождении в точке, где длина равна 250 см, спрогнозировать сбеж на участке 250–260 см. Таким образом, можно будет определять целесообразность распила последующего сортимента, тем самым предоставляя возможность уменьшить расход топлива и износ пильного механизма харвестерной головки ВСРМ.

Вывод. Разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять динамический расчет объема заготовленной многооперационными лесными машинами продукции, в том числе для оперативного учета размерных параметров древесины, заготовленной из любой части ствола дерева, а также графически представить полученные результаты в удобной для анализа форме. Использование разработанной программы позволит оперативно анализировать размерно-качественные характеристики заготовленной древесины с выработкой корректирующих технологических решений в процессах лесозаготовки, что способствует снижению эксплуатационных затрат и себестоимости заготовки древесины, повышению производительности и прибыли для лесопромышленных компаний от производственно-хозяйственной деятельности.

Библиографический список

Шавкун Г.А., Литвин Е.А. Лесная промышленность России: современные проблемы и пути их решения // Вестник Челябинского государственного университета. 2019. № 7 (429). С. 102–109.

Мануковский А.Ю., Зорин М.В., Рудов С.Е., Куницкая О.А., Григорьев И.В. Программные комплексы современных лесных машин // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сб. науч. ст. Казань: КОНВЕРТ, 2020. С. 57–59.

Большаков Н.М. [и др.]. Инновационные основы системного развития регионального лесного сектора экономики: методология, технология, механизмы: моногр. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 312 с.

Герасимов Ю.Ю., Сенькин В.А., Вятайнен К. Производительность харвестеров на сплошных рубках // Resources and Technology. 2012. №2. Т. 9. С. 82–93.

Альпер Н.А. Современные методы определения объема заготовленной древесины // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 3. С. 193–195.

Ляпустин С.Н., Фоменко П.В. Краткий справочник по лесоматериалам: пособие для работников таможенной службы. М.: WWF России, 2010. 76 с.

Лемешко Б.Ю., Чимитова Е.В. О выборе числа интервалов в критериях согласия типа χ^2 // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2003. Т. 69. С. 61–67.

Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 648 с.

Свойкин В.Ф., Яковлев Н.Г., Молчанова А.А. Оценка выхода сортиментов на лесосеке // Февральские чтения: сб. матер. науч.-практ. конф. Сыктывкар: СЛИ, 2013. С. 258–265.

Свойкин В.Ф., Молчанова А.А. Исследование выхода сортиментов на лесосеке в Республике Коми // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж: ВГЛТУ, 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 258–262.

Самородницкий А.А., Свойкин В.Ф. К вопросу обработки ствола дерева харвестером // Февральские чтения: сб. матер. науч.-практ. конф. Сыктывкар: СЛИ, 2018. С. 167–172.

Никонорова Л.И., Тимофеев М.Г., Кузнецова А.П. PYTHON как современный язык программирования // Наука и образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 263.

StanForD2010. Listing of variables by category // [Koneyrittajat.fi]. URL: https://www.koneyrittajat.fi/media/Julkinen/Liitteet/Datapankki/allvargrp_eng_120418.pdf (дата обращения: 10.09.2020).

References

Shavkun G.A., Litvin Y.A. The forest industry of Russia: modern problems and ways of their solution. *Bulletin of the Chelyabinsk state University*, 2019, no. 7 (429), pp. 102–109. (In Russ.)

Manukovsky A.Yu., Zorin M.V., Rudov S.E., Kunitskaya O.A., Grigoriev I.V. Software complexes of modern forest machines. *Priority directions of innovative activity in industry: collection of scientific articles*. Kazan: ООО «KONVERT», 2020, pp. 57–59. (In Russ.)

Bolshakov N.M. [et al.]. Innovative foundations of the system development of the regional forest sector of the economy: methodology, technology, mechanisms: monograph. SPb.: Spbgltu, 2015. 312 p. (In Russ.)

Gerasimov Yu.Yu., Senkin V.A., Vaatainen K. The productivity of harvesters in clear cutting. *Resources and technology*, 2012, no. 2, vol. 9, pp. 82–93. (In Russ.)

Alper N.A. Modern methods for determining the volume of harvested wood. *Scientific progress-creativity of young people*, 2017, no. 3, pp. 193–195. (In Russ.)

Lyapustin S.N., Fomenko P.V. Brief reference on timber: manual for customs service employees. Moscow: WWF Russia, 2010. 76 p. (In Russ.)

Lemeshko B.Yu., Chimitova E.V. On the choice of the number of intervals in the criteria of agreement of the type χ^2 . *Factory laboratory. Diagnostics of materials*, 2003, vol. 69, pp. 61–67. (In Russ.)

Kramer G. Mathematical methods of statistics. M.: Mir, 1975. 648 p. (In Russ.)

Svoikin V.F., Yakovlev N.G., Molchanova A.A. Evaluation of the output of sortings in the cutting area. *February readings: collection of materials of the scientific and practical conference*. Syktyvkar: SFI, 2013, pp. 258–265. (In Russ.)

Vyatkin N.F., Molchanova A.A. Investigation of the output of sortings in the cutting area in the Komi Republic. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. Voronezh: VGLTU, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 258–262. (In Russ.)

Samorodnitsky A.A., Svoikin V.F. On the issue of processing the tree trunk with a harvester. *February readings: collection of materials of the scientific and practical conference*. Syktyvkar: SLI, 2018, pp. 167–172. (In Russ.)

Nikonorova L.I., Timofeev M.G., Kuznetsova A.P. Python as a modern programming language. *Science and education*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 263. (In Russ.)

StanForD2010. List of variables by category. [koneyrittajat.fi URL: https://www.koneyrittajat.fi/media/Julkinen/Liitteet/Datapankki/allvargrp_eng_120418.pdf](https://www.koneyrittajat.fi/media/Julkinen/Liitteet/Datapankki/allvargrp_eng_120418.pdf) (accessed 10.09.2020).

Материал поступил в редакцию 17.11.2020

Жук К.Д., Свойкин Ф.В., Угрюмов С.А. Программное обеспечение для графического представления и динамического расчета выхода готовой продукции из отдельной части ствола дерева // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 234. С. 166–181. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.234.166-181*

Проблема полного учета контроля размерно-качественных характеристик древесины, получаемой в процессе лесозаготовки, является одним из основных аспектов в условиях рыночных отношений для лесозаготовительных

предприятий и фактором регулирования издержек производства. Информацию по размерным параметрам заготовленной древесины система контроля-измерения современных многооперационных машин хранит в файлах с различными расширениями. В настоящее время отечественного программного обеспечения, которое позволяло бы динамически проанализировать объем отдельного ствола дерева, не существует, имеются только программные комплексы, позволяющие оценить заготовленную продукцию в целом. Целью работы является создание программного обеспечения для графического представления и динамического расчета объема заготовленной многооперационными лесными машинами продукции, в том числе для оперативного учета размерных параметров древесины, заготовленной из любой части ствола дерева. Разработанное программное обеспечение написано на языке программирования Python в среде программирования PyCharm Community. Разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять динамический расчет объема заготовленной многооперационными лесными машинами продукции, в том числе для оперативного учета размерных параметров древесины, заготовленной из любой части ствола дерева, а также графически представить полученные результаты в удобной для анализа форме. Использование разработанной программы позволит оперативно анализировать размерно-качественные характеристики заготовленной древесины с выработкой корректирующих технологических решений в процессах лесозаготовки, что способствует снижению эксплуатационных затрат и себестоимости заготовки древесины, повышению производительности и прибыли для лесопромышленных компаний от производственно-хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: программное обеспечение, stm файл, лесные машины, лесозаготовка, размерно-качественные характеристики, динамический расчет.

Zhuk K.D., Svoikin F.V., Ugryumov S.A. Software for graphical representation and dynamic calculation of the output of finished products from a separate part of the tree trunk. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2021, is. 234, pp.166–181 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2021.234.166-181

The problem of fully accounting for the control of the size and quality characteristics of wood obtained in the process of logging is one of the main aspects in the conditions of market relations for logging enterprises and is a factor in regulating production costs. The control and measurement system of modern multi-operation machines stores information on the size parameters of harvested wood in files with various extensions. Currently, there is no domestic software that would

allow you to dynamically analyze the volume of a single tree trunk, there are only software packages that allow you to evaluate the harvested products as a whole. The purpose of the work is to create software for graphical representation and dynamic calculation of the volume of harvested wood by multi-operation forest machines of products, including for operational accounting of the dimensional parameters of wood harvested from any part of the tree trunk. The developed software is written in the Python programming language in PyCharm Community programming environment. The developed software allows you to perform dynamic calculation of the volume of harvested wood by multi-operation forest machines of products, including for operational accounting of the dimensional parameters of wood harvested from any part of the tree trunk, as well as graphically present the results in a convenient form for analysis. Using the developed program will allow you to quickly analyze the size and quality characteristics of harvested wood with the development of corrective technological solutions in the logging processes, which helps to reduce operating costs and the cost of harvesting wood, increase productivity and profit for timber companies from production and economic activities.

Keywords: software, stm file, forest machines, logging, size and quality characteristics, dynamic calculation.

ЖУК Кирилл Дмитриевич – аспирант кафедры технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ResearcherID: T-6299-2017. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0619-1242>.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: zhuk_kd@mail.ru

ZHUK Kirill D. – PhD student of the Technological processes and machines of the forest complex department, St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: T-6299-2017. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0619-1242>.

194021. Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: zhuk_kd@mail.ru

СВОЙКИН Федор Владимирович – доцент кафедры технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 8938-6910. ResearcherID: AAC-4074-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-9584>.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: svoikin_fv@mail.ru

SVOIKIN Fedor V. – PhD (Technical), associate professor of Technological processes and machines forest complex department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 8938-6910. ResearcherID: AAC-4074-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-9584>.

194021, Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: svoykin_fv@mail.ru

УГРЮМОВ Сергей Алексеевич – профессор кафедры технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук. ResearcherID: F-6510-2016. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-3542>.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ugr-s@yandex.ru

UGRYUMOV Sergei A. – DSc (Technical), Professor of the Technological processes and machines of the forest complex department, St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: F-6510-2016. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-3542>.

194021, Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: ugr-s@yandex.ru