

ХАБИЛИТАЦИОННА СПРАВКА

на доц. д-р инж. Станимир Йорданов Стоилов

за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“ по дисциплината „Горски транспорт“, в професионално направление 6.5. „Горско стопанство“, научна специалност „Машини и съоръжения за горското стопанство, дърводобива, дървообработващата и мебелната промишленост“, обявен в ДВ, бр. 7/24.01.2025 г. с код на процедурата: FOR-P-0125-155

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МАШИНИ ЗА БЛИЗЪК ТРАНСПОРТ НА ДЪРВЕНИ МАТЕРИАЛИ

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Общият брой на представените в хабилитационната справка научни публикации в издания, реферирани и индексирани в световно известни бази данни с научна информация е 10, в т.ч. 8 публикации в 6 списания, индексирани в Web of Science и Scopus, всичките с импакт-фактор (IF) и импакт-ранг (SJR), и 2 публикации в едно списание, индексирано в Scopus със SJR.

За начало на развитието на механизирания близък транспорт на дървесина се счита въвеждането в експлоатация на първите две въжени линии „Wyssen“ през 1949 г. През периода 1958-1961 г. между 85 и 97 % от механизирания извоз на дървесина се извършва от въжени линии, а броят им достига 248 единици (Василев 2013). Понастоящем само около 5% от добива на дървесина в България се извършва с въжени линии, въпреки че 60% от горите са разположени на терени с големи наклони.

През втората половина на 60-те години на миналия век използването на въжени линии постепенно се ограничава с въвеждането на тракторите. Те имат по-голяма мобилност, по-прост технологичен процес и могат да транспортират дървесината на по-големи разстояния. В средата на 70-те години на XX век в България започва производството на шарнирно-счленените специализирани чокерни трактори „Шипка“ ШТ-80 със задвижване на четирите колела (Манолов и др. 2009).

Колесните специализирани чокерни трактори имат добра надлъжна и напречна устойчивост, проходимост и по-дълги въжета на лебедката (60-100 m), което дава по-добра възможност за достъп до маркираните дървета и повишава производителността (Georgiev and Stoilov 2007).

Приспособените селскостопански трактори са най-широко използваното средство за близък транспорт на дървесина в България, както и на Балканите, в Карпатите, Италия и т.н. (Borz et al. 2013, 2015; Moskalik et al. 2017; Proto et al. 2018a; Cataldo et al. 2020), но не отговарят напълно на изискванията за надлъжна устойчивост, проходимост, якост на конструкцията и обем на курсовия товар.

Сортиментните трактори (форвардери) са механизирана алтернатива на приспособените селскостопански трактори и извоза с животни (Proto et al. 2017, Borz et al. 2019). Съвременните форвардери са ефективен вариант за близък транспорт на дървесина, който предоставя възможност за по-високи равнища на механизация. С възможността си да извозват сортименти от сечището до временния склад край горския път или до близки места за преработка, те имат по-ниско въздействие върху околната среда в сравнение с вариантите за извозване в полунатоварено положение (Proto et al. 2018b).

В Австрия, с гори, разположени предимно върху планински терени, разпределението на машините за близък транспорт на дървесина от насаждението до временния склад през 2009 г. е следното: въжени линни – 20%, чокерни трактори – 49,9%, сортиментни трактори – 26% и други средства – 5% (Holzleitner et al. 2011). Десет години по-късно, през 2019 г., това съотношение се е променило в полза на сортиментните трактори: въжени линии – 19%, чокерни трактори – 37%, сортиментни трактори – 43% и други средства – 5% (Bauer and Prem 2020), а за 2023 г. се наблюдава леко нарастване на дела на въжените линии и чокерните трктори: въжени линии – 22%, чокерни трактори – 38%, сортиментни трактори – 39% и други средства – 1% (Grollnigg and Bauer 2024).

Около 65% от близкия транспорт на дървесина в България през 90-те години на миналия век е механизирани, а при товаро-разтоварните операции степента на механизация е около 85% (Манолов и др. 2009). Напълно механизирани системи обикновено се характеризират с висока експлоатационна ефективност, като са широко разпространени и се използват в много региони. Такива системи могат да се адаптират към различни нива на оперативна интеграция, което позволява също така оползотворяването на енергийна дървесина, но дадените конфигурации на интеграция влияят на тяхната ефективност (Arăfăian et al. 2017). В проучване в съседна Румъния, оценяващо възприятието на държавните горски служители, противно на очакванията, механизирани системи за дърводобив са оценени като силно предпочитани, а въжените системи по-специално, са сред първите предпочитания на респондентите, следвани от сортиментните трактори (Munteanu and Borz 2018).

През последните години в българските гори започнаха да навлизат нови модерни машини за дърводобив, както и такива втора употреба. Засега това обновяване не е достатъчно (Stoilov 2021). Механизацията може да промени тази ситуация, като предложи по-малко на брой, но по-

добри работни места, които могат да се окажат привлекателни за новите и по-образовани поколения. Механизацията позволява многократно увеличаване на производителността на оператора и по тази причина постига огромно превъзходство над традиционната технология, което я прави по-добър избор дори когато степента на използване и разходите за труд са сравнително ниски (Spinelli and Magagnotti 2011).

Младенов и Аспарухов (1973) са изследвали работата на най-масово използвания в миналото приспособен трактор „Universal“-651М при различни пътни условия, различни положения на извозваните стъбла и различни извозни разстояния и извеждат уравнения за влиянието на условията на работа върху производителността. Най-висока производителност, обаче, имат специализираните колесни трактори, подходящи за извозване на дървесината по пътища с големи надлъжни наклони и в снежни условия (Младенов 1974; Младенов и Аспарухов 1975). На основата на уравнението за силовия баланс Младенов (1977, 1979) определя максималните гранични надлъжни наклони, при които могат да работят приспособените и специализирани колесни трактори. Младенов (1983) извежда математически модел за производителността на специализиран чокерен трактор (СЧТ) LKT-80, като факторите на модела са курсовия товар, извозното разстояние, скоростта на движение в товарно направление и времето за формиране на товара. Производителността на специализирания трактор е максимална, когато той е с широкопрофилни гуми (Hassan 1989). С увеличаване на времето за формиране на товара се увеличава броя на натоварените стъбла и обема на курсовия товар, но също така се увеличава времето за един курс (Georgiev and Stoilov 2007).

В Европа от налични 8370 бр. СЧТ, 5500 бр. се намират в региона на Централна Европа, като Германия и Франция доминират (Spinelli et al. 2021). В България през 2019 г. СЧТ са наброявали 233 (Stoilov 2021).

Извозването в полунатоварено положение е доминиращо в Румъния (90% от общото ползване), България (80%), Хърватия и Чехия (70%), но също преобладава и в Швейцария (Spinelli et al. 2021). В Румъния СЧТ представляват най-използваното средство за извоз на дървесина (Borz et al. 2015). Лошата достъпност в горските територии (средна гъстота на първичната горскопътна мрежа в България от около 8 m/ha) е един от основните проблеми на горското стопанство поради дългите извозни разстояния и по-големите разстояния на привличане на дървените материали, водещи до изразходване на много време и енергия за операциите от близкия транспорт. В Централна Румъния при групови сечи продължителността на работния цикъл е най-силно засегната от разстоянието на привличане и броя на дървените материали (Borz et al. 2015).

Приспособените трактори за работа в горско стопанство са снабдени с чокерно оборудване (ПЧТ) и често се използват в развити страни като Австрия и Италия (Spinelli and

Magagnotti 2012), но също и в България, Чехия, Полша и Германия (Stoilov 2021; Sowa and Szewczyk; 2013 Stoilov and Marinov 2008).

В Австрия извозването във вид на сортименти понастоящем е в същия обем, както и във вид на дълги материали, но продажбите на сортиментни трактори са по-големи от продажбите на СЧТ (2-3 сортиментни трактора за всеки СЧТ) (Bauer and Prem 2021). В Германия работят 3200 бр. ПЧТ и 2800 бр. СЧТ, като годишно се купуват 600 лебедки (за монтиране на селскостопански трактори) в сравнение с 50 СЧТ или 100 сортиментни трактори годишно (Spinelli et al. 2021). Borz and Bogdan (2022) установяват, че ефективността и производителността на ПЧТ са силно чувствителни към извозните разстояния и могат да бъдат постигнати значителни подобрения в ефективността, производителността и разхода на гориво, когато се работи с по-малко стъбла на курс, но с по-големи единични обеми.

Основното предимство на близкия транспорт с въжени линии (ВЛ) е тяхната независимост от много фактори, влияещи върху ефективността на наземния транспорт. Планирането и изпълнението могат да се извършват почти по всяко време и на всякакъв терен (Schweier et al. 2020). ВЛ са добра алтернатива на наземното извозане, където страничните наклони са по-големи от 30% (LeDoux and Huyler 2000). Като цяло близкият транспорт с ВЛ е по-сложен и скъп от наземния, което поставя ВЛ на стръмен терен в общо неизгодно положение по отношение на чистите разходи за дърводобив. Съвременните технологии обаче могат да запълнят тази празнота, а производствените модели могат да помогнат на потребителите да усъвършенстват техниката си на работа, така че да увеличат максимално производствения потенциал на своите машини (Spinelli et al. 2015). Тъй като близкият транспорт с ВЛ е по-скъп, отколкото този с наземните средства, тази технология изисква многопродуктов пазар и насаждения с голям обем от качествени дървени материали (LeDoux и Huyler 2000), но на стръмен терен ВЛ е рентабилна алтернатива на изграждане на гъста мрежа от пътища за извоз и води до много по-малко въздействие върху горската среда в сравнение с наземния извоз (Spinelli et al. 2010).

Въжените линии (ВЛ) все повече се използват на всякакви терени като алтернатива на конвенционалните напълно механизирани системи с харвестери и форвардери, поради слабото им въздействие върху почвите (Mologni et al. 2019, Erber and Spinelli, R. 2020, Picchio et al. 2020) и по-малката зависимост от наклона на терена. ВЛ могат да се използват и за принудителни сечи на стръмни терени (Lee and Lee 2021) и тяхната безопасност може да се повиши с използването на съвременни системи за закотвяне (Marchi et al. 2021). Производителността на ВЛ е силно повлияна от обема на курсовия товар от дървени материали, дължината на носещото въже, интензивността на сеч и разстоянието на странично привличане (Hoffmann 2016). В допълнение, фактори като наклон на терена, гъстота на насажденията и посоката извоз (нагоре/надолу)

оказват влияние върху производителността (Eroglu et al. 2009, Ghaffariyan et al. 2010, Lindroos and Cavalli 2016, Spinelli et al. 2021, Erber et al. 2017, Cho et al. 2018).

За високопроизводителен дърводобив на стръмни терени, базирани на ВЛ и механизирана първична обработка на извозените дървета, е особено важно двете фази се комбинират в една многооперативна машина — процесорна въжена линия (ПВЛ) (на англ.: Processor Tower Yarder – PTY), представляваща две машини: ВЛ и процесор, монтирани на едно превозно средство (Holzfeind и др. 2021). Използването на ПВЛ се препоръчва при стръмни терени предвид подобрената им производителност, която варира от 90 до 120 m³ за 8 часов работен ден (Boswell 2007), позволяваща първична обработка, сортиране и рампирание на извозените цели дървета (Borz et al. 2022, Bugoš et al. 2008, Stampfer 2004). Обикновено ПВЛ работят в гори, засегнати от природни нарушения с по-голяма интензивност на сеч, и поради високата си производителност бързо обработват повредените дървета. Тези работни условия на ПВЛ са изследвани от Messingerová et al. (2009), Bugoš et al. (2008), Бояджиев и Глушков (2021). Изследванията на ПВЛ при прореждане са относително редки (Borz et al. 2014). Borz et al. (2014) и Marenče et al. (2009) изследват производителността на процесора Woody H60 на ПВЛ и точността на рязане, без да измерват производителността на модула въжена линия. Средната часова производителност на един кран-процесор, като част от ПВЛ, със среден диаметър на сортиментите от 27–28 cm, е 12 до 17 пъти по-голяма от производителността на един работник с бензиномоторен верижен трион (Бояджиев и Глушков 2021).

Общият обем на продукцията по базисни цени на горското стопанство и дърводобива в България през 2017 г. е приблизително 707 млн. евро, което е 2,7 пъти повече в сравнение с 266 млн. евро през 2005 г. Въпреки това заетите през 2017 г. приблизително 12000 лица в горското стопанство и дърводобива са намалели с 1300 (9,8 %) в сравнение с 2005 г. (EUROSTAT 2020), което изисква компенсирането им чрез ускореното навлизане на нова екологосъобразна високопроизводителна техника.

Въпреки множеството публикации, посветени на машините за близък транспорт съществува нужда от провеждане на нови задълбочени научни изследвания за работата им при зачестилите принудителни сечи, приложението на нови комбинирани машини, както и аспекти от безопасността при работата им.

2. ОСНОВНИ НАУЧНИ ПРИНОСИ

2.1. Приноси в областта на изследванията на технико-икономическите показатели на конвенционалните машини за близък транспорт на дървени материали

2.1.1. Научни приноси

1. Доказано е, че близкият транспорт в абиотично нарушени гори (при принудителни сечи, причинени от мокър сняг), значително се влияе от типа на повредите на дърветата (B4.1 и B4.4).
2. Разширени са съществуващите познания за производителността и разходите за близък транспорт при принудителни сечи, като е включено влиянието на типа на повредите на засегнатите дървета, водещи до значителни вариации на времето за извършване на курса с дървени материали и производителността, главно поради увеличение на времената за изтегляне на теглителното въже и закачане на товара и за привличане на курсовия товар към вагонетката на въжената линия. (B4.1 и B4.4).
3. Установено е, че при принудителни сечи с ниска интензивност на сеч, работата на специализирания чокерен трактор тип 4X4 е ефективна от лесовъдска, техническа и икономическа гледна точка (B4.6).
4. Доказано е, че за да бъде ефективна последователната (серийна) транспортна система, състояща се от среднометражна въжена линия и специализиран безчокерен колесен трактор, трябва да бъде проектирана по такъв начин, че техните производителности да бъдат еднакви (B4.8).
5. Намерено е, че концентрацията в по-големи фигури води до по-голям обем захванати сортименти от крана, а оттам и по-малко време за товарене на форвардера и по-висока производителност. Получените резултати показват, че разпръсването на малки купчини води до по-малък захванат обем, по-голям брой цикли на крана и по-голямо разстояние, изминавано в сечището при товарене, което като цяло увеличава времето за товарене. По-големият обем сортименти в грайфера на крана и по-краткото разстояние на товарене, когато товаренето се извършва от по-големи купчини край пътя, водят до по-малко време за товарене (B4.9).
6. Доказано е, че специализиран чокерен трактор тип 4X4 с хидравличен стрелови кран може да се използва ефективно дори от бригади с малък състав (само тракторист и моторист на верижен трион), осигурявайки по-висока производителност, по-ниски разходи и повишена гъвкавост по време на сортиране и рампиране, главно поради наличието на хидравличен стрелови кран. Бригада с един тракторист и двама мотористи

на бензиномоторен верижен трион представлява балансирана опция, осигурявайки устойчивост на близкия транспорт при ограничена работната сила (B4.7).

2.1.2. Научно-приложни приноси

1. Най-големият разход на време при близък транспорт с въжени линии в абиотично нарушени гори е при изкоренени цели дървета (повреди от тип 1A според класификацията на Kärhä et al. (2018), особено при изтегляне на теглителното въже и закачане на товара, което трае средно около 2 пъти по-дълго отколкото при окачени цели дървета (повреди от тип 1B) и пречупени секции от дървото (тип 1D). Най-продължителни са операциите привличане на курсовия товар към вагонетката и движение на вагонетката с товар отново в коридора с преобладаващи повреди от тип 1A (B4.1).
2. Общото регресионно уравнение за производителността на въжената линия показва, че тя зависи единствено от обема на курсовия товар, тъй като няма други значими фактори, но разгледана на равнище коридори е най-голяма при преобладаващи повреди от тип 1D, следвана от този с преобладаващи повреди от тип 1B и най-ниска – при тип 1A (B4.1).
3. Намаляването на разстоянието на странично привличане на въжената линия и увеличаването на обема на полезния товар до максималния капацитет на машината водят до часова производителност с престои на въжената линия от близо 30 m³/SMH. Изчисляването на brutните разходи за извозване нагоре показва, че разходите за труд (35,7%) са малко по-високи от постоянните разходи (32,9%) и два пъти по-високи в сравнение с променливите разходи (17,7%) (B4.1).
4. Изследвани са показателите на мобилните въжени линии при извеждане на групово-постепенни сечи в широколистни гори, попадащи в защитените зони от европейската екологична мрежа „Натура 2000“. Доказано е с помощта на разработени регресионни модели, че продължителността на работния цикъл без престои се влияе от разстоянието на привличане към вагонетката и наклонът на терена, а при включване на престоите – от извозното разстояние и наклонът на терена. Производителността без престои зависи от обема на товара, разстоянието на привличане към вагонетката и наклонът на терена, а при включване на престоите значимите фактори са обем на товара и наклон на терена. Общите разходи за извозване нагоре на цели широколистни дървета от изследваната въжена линия са изчислени на 146,52 €/h без престои и 13,02 €/m³ и са по-ниски в сравнение с тези в Западна Европа (B4.4).
5. Установена е производителността и рентабилността на близкия транспорт със специализиран чокерен трактор тип 4X4 при извеждане на принудителна сеч в

насаждения в защитените зони от европейската екологична мрежа „Натура 2000“ от обикновен бук, засегнати от повреди от мокър сняг от типове 1A (изкоренени цели дървета) и 1D (пречупени секции от дървото) според класификацията на Kärhä et al. (2018) (B4.6).

6. Часовата производителност (с престои), въпреки принудителната сеч с интензивност от 10%, е $14,73 \text{ m}^3 \cdot \text{SMH}^{-1}$, близка до производителността при „обикновени“ сечи. Средната скорост на движение е близка до резултатите, получени при други проучвания на подобни машини, а разходите за близък транспорт са по-ниски от тези при други специализирани чокерни трактори и приспособени селскостопански трактори, работещи при принудителни сечи в широколистни насаждения (B4.6).
7. Намерени са факторите, които влияят върху продължителността на работния цикъл на въжената линия без престои, работеща в последователна (серийна) транспортна система със специализиран безчокерен трактор, а именно: дължината на подвозното разстояние и наклона на носещото въже, докато за продължителността на работния цикъл с престои определящи са дължината на подвозното разстояние, дължината на разстоянието на привличане на товара и броя на стъблата в курсовия товар (B4.8).
8. Върху продължителността на работния цикъл без престои на специализирания безчокерен трактор, работещ в последователна транспортна система влияят дължината на извозното разстояние и броя на стъблата, формиращи курсовия товар, докато за продължителността на работния цикъл с престои определящи са дължината на извозното разстояние и обема на курсовия товар (B4.8).
9. Увеличаването на подвозното разстояние на въжената линия и курсовия товар на специализирания безчокерен трактор изискват увеличаване на извозното разстояние на безчокерния трактор, за да са еднакви производителностите без престои на двете машини (B4.8).
10. Нарастването на курсовия товар на вагонетката на въжената линия изисква нарастване на подвозното разстояние при постоянни стойности на наклона на носещото въже и полезния товар на специализирания безчокерен трактор за изравняване на производителностите без престои на двете машини (B4.8).
11. Увеличаването на наклона на носещото въже, при постоянни други параметри, води до намаляване на производителността на ВЛ без престои, което трябва да се компенсира от увеличаване на извозно разстояние на специализирания безчокерен трактор (B4.8).
12. Продължителността на работния цикъл (с и без престои) на сортиментните трактори (форвардери) зависи от извозното разстояние, броя на захващания на сортименти с грайфера на крана при товарене, надлъжния наклон на извозния път и курсовия обем на товара (B4.8).

13. Производителността (с и без престои) на сортиментните трактори (форвардери) зависи от извозното разстояние, надлъжния наклон на извозния път и курсовия обем на товара (B4.8).

2.2. Приноси в областта на изследванията на комбинирани машини за близък транспорт на дървени материали

2.2.1. Научни приноси

1. Доказано е, че комбинираният специализиран колесен тип 4X4 чокерен трактор-харвестър (SH) е подходящ от лесовъдска, техническа и финансова гледна точка за работа в големи площи иглолистни насаждения с висока пълнота. (B4.2).
2. Установено е, че по отношение на време, производителност и разходи процесорната въжана линия спомага за висока ефективност на дърводобива при постепенно-котловинни сечи в планински бялборови гори, намиращи се в защитените зони от европейската екологична мрежа „Натура 2000“ (B4.5)
3. Доказано е, че въвеждането на комбиниран сортиментен трактор (комби-форвардер) при постепенните сечи допринася за постигане на икономическа и екологична ефективност на близкия транспорт в широколистни гори. За първи път е изследван комби-форвардер за близък транспорт на дървесина, който има предимството, че привлича стъбла, стъблени секции и едри сортименти с лебедката от сечището към пътя, където се разкрояват с моторни триони, натоварва ги с хидравличния стрелови кран и ги транспортира във вид на сортименти до временния склад, където се разтоварват с крана на фигури (B4.10).

2.2.2. Научно-приложни приноси

1. Средната часова производителност на SH при средно извозно разстояние от 69 m, средно разстояние на привличане от 14 m, среден обем на товара от $4,06 \text{ m}^3$, без отчитане на престойте беше изчислена на $9,38 \text{ m}^3 \cdot \text{PMH}^{-1}$ (с престои $8,27 \text{ m}^3 \cdot \text{SMH}^{-1}$) складиращи на фигури дървени материали, което е сравнимо с две типични дърводобивни бригади с приспособени трактори с по 4-5 работници във всяка от тях. Брутните разходи на SH ($14,24 \text{ €} \cdot \text{m}^{-3}$) са в рамките на регионалните за иглолистни насаждения.
2. Производителността на процесорната въжана линия значително се повишава, ако повече от едно дърво (най-малко две дървета) се прикачват и извозват за един курс на въжената

линия, тъй като производителността на процесора е приблизително два пъти по-голяма. Общите разходи за изследвания РТУ са изчислени на 297,48 EUR PMH^{-1} и 16,17 EUR m^{-3} . В разпределението на нетните разходи преобладават променливите разходи (75%), следвани от постоянните разходи (15%) и разходите за труд (10%).

3. Установено е, че средната часова производителност на комби-форвардера е 7,09 $\text{m}^3 \text{PMH}^{-1}$ (без престои) и 6,11 $\text{m}^3 \text{SMH}^{-1}$ (с включени престои), близка до тази на специализираните чокерни трактори и сортиментни трактори при подобни условия. Нетните разходи за изследвания комби-форвардер са изчислени на 25,33 €/h (без отчитане на престои) и 4,13 €/m³. Водеща роля имат променливите разходи (70%), следвани от разходите за труд (22%) и постоянните разходи (8%) (B4.10).

2.3. Изследвания в областта на безопасността на труда при експлоатация на въжени линии за близък транспорт на дървени материали

2.3.1. Научни приноси

1. Доказано е, че най-опасен в дърводобивния процес е близкия транспорт на дървените материали с въжени линии (B4.3).

2.3.2. Научно-приложни приноси

1. Установено е, че почти половината от трудовите злополуки при дърводобива с участие на въжени линии са свързани с наранявания на стъпалото, а най-честият тип нараняване е фрактура на кост. (B4.3).
2. Изяснено е, че най-голям е дялът (22%) на злополуките, настъпват в периода между 13.01 и 14.00 ч. (B4.3).
3. Доказано е, че с увеличаване на опита на работниците намаляват злополуките. Най-голям е дялът им при работниците със опит по дейността до 5 г. – 79% от всички регистрирани злополуки (B4.3).
4. Установено е, че най-честите агенти, причиняващи злополуки, са: дървесни частици, прах, трески, фрагменти и др. (B4.3).
5. Дистанционното управление на вагонетката, механизмът за принудително спускане на теглителното въже и радиоуправляемите чокери водят до увеличаване на безопасността на труда при близък транспорт с въжени линии (B4.1, B4.6).

6. Използването на комби-форвардер облекчава физическото натоварване на мотористите на бензиномоторни триони, тъй като повечето от операциите се извършват край пътя при по-добри работни условия: равен терен и опора от хидравличния кран при операцията разкрояване (B4.10).

3. БИБЛИОГРАФИЯ

3.1. Статии, равностойни на монография (хабилитационен труд)

1. STOILOV S., A. R. Proto, G. Angelov, S. A. Borz, S. F. Papandrea. 2021. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Sensitive Forests of Bulgaria. *Forests*, 12(3), 309; <https://doi.org/10.3390/f12030309>, ISSN: 1999-4907. IF (2021) = 3,282, Q1. (B4.1 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
2. STOILOV S., Angelov G., Aladzhov S., Nichev P. 2021. Productivity models and costs of combined skidder – harvester in coniferous forests. *Forestry Ideas*, vol. 27, No. 1 (61): 169–181. ISSN 1314-3905 (Print), ISSN 2603-2996 (online). SJR (2021) = 0,162, Q4. (B4.2 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
3. Allman, M., M. Jankovský, Z. Allmanová, M. Ferenčík, V. Messingerová, M. Vlčková, S. STOILOV. 2017. Work accidents during cable yarding operations in Central Europe 2006 – 2014. *Forest systems*, Vol. 26, No. 1, 2017, pp. 1-8. eISSN: 2171-9845, DOI: 10.5424/fs/2017261-10365. SJR (2017) = 0,43; Q2; IF (2017) = 0,96; Q3. (B4.3 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
4. STOILOV S. 2021. Productivity and costs of cable yarding in group shelterwood system in deciduous forests. *Forestry Ideas*, vol. 27, No 2 (62): 331–342. ISSN 1314-3905 (Print), ISSN 2603-2996 (online). SJR(2021)=0,162; Q4. (B4.4 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
5. Papandrea, S. F., STOILOV, S., Angelov, G., Panicharova, T., Mederski, P. S., Proto, A. R. 2023. Modeling Productivity and Estimating Costs of Processor Tower Yarder in Shelterwood Cutting of Pine Stand. *Forests* 2023, 14, 195. <https://doi.org/10.3390/f14020195>. ISSN: 1999-4907. IF (2022) = 2,3; Q1. (B4.5 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
6. STOILOV, S., Papandrea, S. F., Angelov, G., Oslekov, D., Zimbalatti, G., Proto, A. R. 2023. Productivity analysis and costs of wheel cable skidder during salvage logging in European beech stand. *Journal of Agricultural Engineering*, 54(2). doi: 10.4081/jae.2023.1419. IF (2023) = 2,4; Q2. (B4.6 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).

7. STOILOV S., P. Nichev, G. Angelov, M. Chavenetidou, P. A. Tsioras. 2023. Optimizing Forest Harvesting Efficiency: A Comparative Analysis of Small-Sized Logging Crews Using Cable-Grapple Skidders. *Sustainability* 2023, 15(24), 16749. <https://doi.org/10.3390/su152416749>, IF (2023) =3,3; Q2. (B4.7 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
8. Papandrea, S. F., STOILOV, S., Cataldo, M. F., Petkov, K., Angelov, G., Zumbo, A., Proto, A. R. 2024. Evaluation of Productivity and Cost Analysis on a Combined Logging System. *Forests* 2024, 15, 980. <https://doi.org/10.3390/f15060980>. ISSN: 1999-4907. IF (2023) =2,3; Q1. (B4.8 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
9. Papandrea S. F., S. STOILOV, M. F. Cataldo, P. Nichev, G. Angelov, A. R. Proto. 2025. How Different Distribution of Assortments on Worksites Influences Forwarder Performance in Coniferous Plantations. *Croatian Journal of Forest Engineering*, volume: 46, issue: 1, pp. 33-45. doi: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2025.2593>. IF (2023) = 2,7; Q1. (B4.9 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).
10. STOILOV, S., Proto, A.R., Oslekov, D. G. Angelov, S. F. Papandrea. 2023. Forest Operations Using a Combi-Forwarder in Deciduous Forests. *Small-scale Forestry* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11842-023-09552-0>. IF (2023) =1,4; Q2. (B4.10 в съответствие с Приложение 2 – Оценка на съответствието с МНИ).

3.2. Други публикации на кандидата

1. Georgiev, D, S. STOILOV. 2007. Wheel cable skidder productivity in selection silvicultural system. In: Proc. of International Symposium "Sustainable forestry – problems and challenges", Ohrid, FYR of Macedonia, 24-26.10.2007, p. 70-74.
2. STOILOV S. 2021. Logging equipment in Bulgaria – current state and future prospective. *Forestry Ideas*, vol. 27, No 1 (61): 19–28. ISSN 1314-3905 (Print), ISSN 2603-2996 (online). SJR (2021) =0,162, Q4.
3. STOILOV, S., K. Marinov. 2009. Analysis of four-wheel-drive skidder efficiency of motion. In Proc. of FORMEC 42nd International Symposium on Forestry Mechanization, Kostelec nad Černými lesy, Czech Republic, June, 21st – 24th 2009, pp. 390-397.

3.3. Публикации на други автори

1. Василев, В. Д. Въжените системи в горското стопанство. С.: Астра-Р, 2013, 296 с. ISBN:978-954-91590-7-3.
2. Бояджиев Д., С. Глушков. 2021. Изследване работата на планински харвестри при добив на дървесина във ветровални зони. *Наука за гората* бр. 57(1), стр.85-102. ISSN 0861-007X.

3. Манолов, А., В. Василев, К. Аспарухов. 2009. Дърводобивът в България през XX век. С.: Държавна агенция по горите към Министерския съвет. ISBN 976-954-90748-7-1.
4. Младенов, Д., К. Аспарухов. 1973. Влияние на условията на работа върху производителността на трактори "Универсал"-651 при извоз на дървени материали. Н. тр. на ВЛТИ, т. XIX, серия "Горско стопанство". С: Земиздат, с. 183-190.
5. Младенов, Д (1974). Влияние на условията на работа при извоз на дървени материали с трактори. Научно-технически мероприятия по време на XXX Юбилеен Пловдивски панаир, С.
6. Младенов, Д., К. Аспарухов. 1975. Експлоатационни показатели и ефективност при извоз на дървени материали със специализирани колесни трактори с шарнирна рама. Н. тр на ВЛТИ. С: Земиздат, с. 104-112.
7. Младенов, Д. 1977. Гранични наклони при извозване на дървени материали с колесни трактори. Н. тр. на ВЛТИ, Земиздат, С., с. 117-124.
8. Младенов, Д. 1979. Влияние на курсовия товар върху граничните надлъжни наклони на пътя при извозване на дървени материали със специализирания колесен трактор с шарнирна рама ТАФ-650. Н. тр. на ВЛТИ. С: Земиздат.
9. Младенов, Д. 1983. Производителност на специализирания трактор с шарнирна рама за извоз на дървени материали ЛКТ-80. Н. тр. на ВЛТИ, т. 27-28, серия "Горско стопанство". С: Земиздат.
10. Apăfăian A.I., Proto A.R., Borz S.A. 2017. Performance of a mid-sized harvester-forwarder system in integrated harvesting of sawmill, pulpwood and firewood. *Annals of Forest Research* 60(2): 227–241.
11. Bauer H., Prem J. 2021. Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2020. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien. www.bmlrt.gv.at.
12. Borz S. A., G. Ignea, B. Popa, G. Spârchez, E. Iordache. 2015. Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system—a case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croat. j. for. eng.* Volume 36, issue 1, pp. 137-146.
13. Borz S.A., Rommel D., Ziesak M., Vasiliauskas G. 2019. Operational Requirements and Preferences Towards Forwarder Technology. *Bulletin of the Transilvania university of Brasov* 12(61)(1): 1–12. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.1Borz, S.A.; Mititelu, V.-B. 2022. Productivity and Fuel Consumption in Skidding Roundwood on Flat Terrains by a Zetor Farm Tractor in Group Shelterwood Cutting of Mixed Oak Forests. *Forests* 2022, 13, 1294. <https://doi.org/10.3390/f13081294>.
14. Borz S.A., Dinulică F., Bîrda M., Ignea G., Ciobanu V.D., Popa B. 2013. Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) roundwood in reduced accessibility

- conditions: a case study in windthrow salvage logging from Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research* 56(2): 363–375.
15. Borz, S.A.; Cheta, M.; Bîrda, M.; Proto, A.R. 2022. Classifying operational events in cable yarding by a machine learning application to GNSS-collected data: A case study on gravity-assisted downhill yarding. *Bull. Transilv. Univ. Bras. Ser. II For. Wood Ind. Agric. Food Eng.*, 15, 13–32.
 16. Borz, S.A.; Bîrda, M.; Ignea, G.; Popa, B.; Campu, V.R.; Iordache, E.; Derczeni, R.A. 2014. Efficiency of a Woody 60 processor attached to a Mounty 4100 tower yarder when processing coniferous timber from thinning operations. *Ann. For. Res.*, 57, 333–345.
 17. Boswell, B. 2007. European Equipment from the Alps Debuts in Canada: Field Demo of Mounty Yarder, Liftliner Carriage, and Woody Harvester/Processor; FPInnovations, FERIC: Vancouver, Canada.
 18. Bugoš, M.; Stanovský, M.; Lieskovský, M. 2008. Časová analýza operácií pri sústred'ovaní dreva horským procesorom Konrad Mounty 4000 (Time analysis of the operations during yarding by Konrad Mounty 4000 mountain processor). *Acta Fac. For. Zvolen*, 50 Pt 1, 163–174.
 19. Cataldo M.F., Proto A.R., Macri G, Zimbalatti G. 2020. Evaluation of different wood harvesting systems in typical Mediterranean small-scale forests: a Southern Italian case study. *Annals of Silvicultural Research* 45(1): 1–11.
 20. Cho, M.; Cho, K.; Choi, B.; Cha, D. 2018. Yarding productivity of tree-length harvesting using a small cable-yarder in steep slope, South Korea. *For. Sci. Technol.*, 14, 132–137.
 21. Erber, G.; Spinelli, R. 2020. Timber extraction by cable yarding on flat and wet terrain: A survey of cable yarder manufacturer's experience. *Silva Fenn.*, 54, 10211.
 22. Eroglu, H.; Özkaya, M.S.; Acar, H.H.; Karaman, A.; Yolasigmaz, H.A. 2009. An investigation on roundwood extraction of *Fagus orientalis* lipsky, *Abies nordmanniana* (Stew.) Spach. and *Picea orientalis* (L.) Link. by Urus M III forest skyline on snow. *Afr. J. Biotechnol.*, 8, 1082–1089.
 23. EUROSTAT Statistics Explained 2020. Forests, forestry and logging statistics. Available at: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests, forestry and logging#Forests and other wooded land](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging#Forests_and_other_wooded_land).
 24. Ghaffariyan, M.R.; Stampfer, K.; Sessions, J. 2010. Optimal road spacing of cable yarding using a tower yarder in Southern Austria. *Eur. J. For. Res.*, 129, 409–416.
 25. Grollnigg M., H. Bauer. 2024. Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr 2023. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien.
 26. Hassan, A. E. 1989. Evaluation of three skidders operating on a wet site in Mississippi. *Proceedings of Southern Regional Council on Forest Engineering*, Auburn University, 1989, 18 p.

27. Hassan, A. E., M. L. Gustafson (1983). Factors Affecting Tree Skidding Forces. ASAE Paper No. 81-1586, ASAE, St. Joseph, MI.
28. Hoffmann, S.; Jaeger, D.; Schoenherr, S.; Lingenfelder, M.; Sun, D.; Zeng, J. 2016. The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operations in southern China. *For. Lett.*, 109, 11–24.
29. Holzfeind, T.; Kanzian, C.; Gronalt, M. 2021. Challenging agent-based simulation for forest operations to optimize the European cable yarding and transport supply chain. *Int. J. For. Eng.*, 32, 77–90.
30. Holzleitner F., Stampfer K., Visser R. 2011. Utilization Rates and Cost Factors in Timber Harvesting Based on Long-term Machine Data. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(2): 501–508.
31. Kärh , K., Anttonen T., Poikela A, Palander T., Laur n A., Peltola H. and Nuutinen, Y. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests. *Forests*, 2018, 9, 280; doi:10.3390/f9050280.
32. Lee, S.J.; Lee, E. 2021. Salvage cable yarding operations productivity of pinewood nematode infected *Pinus* trees in South Korea. *Int. J. For. Eng.*, 32, 155–163.
33. Lindroos, O.; Cavalli, R. 2016. Cable yarding productivity models: A systematic review over the period 2000–2011. *Int. J. For. Eng.*, 27, 79–94.
34. Marchi, L.; Trutalli, D.; Mologni, O.; Gallo, R.; Roeser, D.; Cavalli, R.; Grigolato, S. 2021. Mechanical response of natural anchors in cable logging. *Int. J. For. Eng.*, 32, 29–42.
35. Maren e, J.; Vadjal, J.; Ko ir, B. 2009. Bucking of Conifers using the Woody H60 Processors on the Syncrofalke 3T Cable Yarder in the Alpine Foothills. *Zb. Gozdarstva Lesar.*, 88, 3–10.
36. Messingerov , V.; Stanovsk , M.; Feren ik, M.; Kov  ik, P. 2009. Technological planning in cableway terrains in Slovakia. In *Proceedings of the 42nd International Symposium on Forestry Mechanization-FORMEC 2009*, CULS, Prague, Czech Republic, 21–24 June 2009; pp. 307–315, ISBN 978-80-213-1939-4.
37. Mologni, O.; Lyons, C.K.; Zambon, G.; Proto, A.R.; Zimbalatti, G.; Cavalli, R.; Grigolato, S. 2019. Skyline tensile force monitoring of mobile tower yarders operating in the Italian Alps. *Eur. J. For. Res.*, 138, 847–862.
38. Moskalik T., Borz S.A., Dvo   k J., Feren ik M., Glushkov S., Muiste P., Lazdi    A., Styranivsky O. 2017. Timber harvesting methods in Eastern European countries: A review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38(2): 231–241.
39. Picchio, R.; Mederski, P.S.; Tavankar, F. 2020. How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands? *Curr. For. Rep.*, 6, 115–128.
40. Proto A.R., Macr  G., Visser R., Harrill H., Russo D., Zimbalatti G. 2017. A Case Study on the Productivity of Forwarder Extraction in Small-Scale Southern Italian Forests. *Small-scale Forestry* 17(2): 1–17. DOI: 10.1007/s11842-017-9376-z

41. Proto A.R., Macrí G., Visser R., Russo D., Zimbalatti G. 2018a. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: A Case study in Southern Italian Forests. *Forests* 9(2): 1–12. DOI: 10.3390/f9020061.
42. Proto A.R., Macrí G., Visser R., Harrill H., Russo D., Zimbalatti G. 2018b. Factors affecting forwarder productivity. *European Journal of Forest Research* 137: 143–151. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1088-6>
- Sowa J.M., Szewczyk G. 2013. Time consumption of skidding in mature stands performed by winches powered by farm tractor. *Croat J For Eng* 34(2):255–265.
43. Spinelli, R.; Magagnotti, N.; Visser, R.; O’Neal, B. 2021. A survey of skidder fleet of Central, Eastern and Southern Europe. *Eur. J. For. Res.* 2021, 140, 901–911.
44. Spinelli R, Magagnotti N. 2012. Wood extraction with farm tractor and sulky: estimating productivity, cost and energy consumption. *Small Scale For* 11(1):73–85.
45. Spinelli, R., Magagnotti, N. 2011. The effects of introducing modern technology on the financial, labour and energy performance of forest operations in the Italian Alps. *Forest Policy and Economics* 1 (7): 520–524. DOI:10.1016/j.forpol.2011.06.009.
46. Spinelli, R., Magagnotti, N., Cosola, G., Grigolato, S., Marchi, L., Proto, A.R., Erber, G. 2021. Skyline tension and dynamic loading for cable yarding comparing conventional single-hitch versus horizontal double-hitch suspension carriages. *Int. J. For. Eng.*, 32 (Suppl. S1), 31–41.
47. Stampfer, K. 2004. Perspectives on whole tree cable yarding systems for thinnings operations in Austria. In *Proceedings of the Conference Cable Yarding Suitable for Sustainable Forest Management*, Idrija, Slovenia, 23 September 2004.

Изготвил:.....

(доц. д-р инж. Ст. Стоилов)