



**СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ**

**ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И ЗАЩИТА НА РАСТЕНИЯТА  
„НИКОЛА ПУШКАРОВ“**

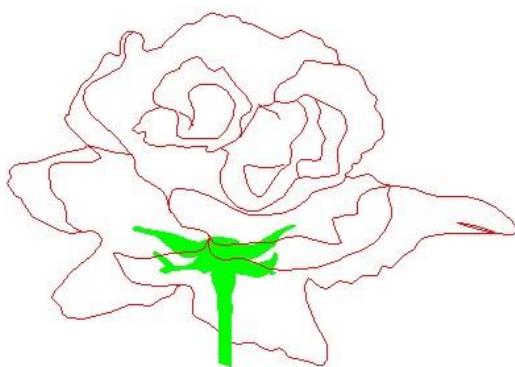
---

**проф. д-р инж. СНЕЖАН ИВАНОВ БОЖКОВ**

# **МЕХАНИЗИРАНО ОТГЛЕЖДАНЕ И БРАНЕ НА МАСЛОДАЙНА РОЗА**

## **А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертационен труд за придобиване на научната степен  
„ДОКТОР НА НАУКИТЕ“  
в област „Технически науки“  
професионално направление „Машинно инженерство“  
научна специалност „Механизация и електрификация на  
растениевъдството“



София, 2023 г.

Дисертационният труд е обсъден на 08 ноември 2023 г. на заседание на научния съвет при отдел „Механизация на земеделието и хидромелиоративни системи“ (Заповед № РД 05-224/27.10.23 на Директора на ИПАЗР „Никола Пушкиров“) и одобрен за разкриване на процедура за защита.

Дисертационният труд съдържа 518 страници, в т.ч.: увод; списък на въведените съкращения и аббревиатури; списък на условните означения на параметри и показатели; осем раздела (включващи 183 фигури и 89 таблици) с изводи - 408 стр.; списък на основните приноси от получените резултати от изследванията – 20 бр.; списък на цитираната литература – 189 заглавия, от които 128 на кирилица (30 на руски език) и 61 на латиница; приложения към отделни раздели; списък на публикациите по дисертационния труд; доказателствен материал за признание от международни и национални организационни структури на постигнатите резултати по тематиката (в т.ч. полезни модели, регистрирани от Патентното ведомство на Република България, и получени награди); кратки резюмета на английски и руски език; съдържание.

Време и място на защитата на дисертационния труд пред Научно жури –  
..... г. от ..... часа в ИПАЗР „Никола Пушкиров“ - София.

Материалите по защитата са на разположение на официалната интернет страница на ИПАЗР „Никола Пушкиров“ на адрес: <http://issapp-pushkarov.org>

## **I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

### **Актуалност на изследванията**

Маслодайната роза е един от най-значимите символи за национална гордост, а извлечаното етерично масло от цветовете на отглеждана в Република България роза е с качества, които отреждат лидерската му позиция в световен мащаб.

Отглеждането на маслодайната роза се характеризира с особености, които са рядкосрещани или напълно отсъстват при други земеделски култури, вкл. и маслодайни. Анализът на спектъра от дейности, реализирани в розови насаждения, показва, че повишаване на ефективността на технологичния процес може да бъде постигнато чрез разработване и внедряване в розопроизводителните стопанства на технически средства за механизирани технологични операции, свързани с грижите за растенията и брането на розовия цвят. От грижите за растенията в розовите насаждения за механизирани са определени резитбените операции и реализираните чрез пръскане дейности, свързани с борбата с вредителите и с регулирането на физиологичните процеси в растенията. Отчитайки изключително голямото значение върху крайния ефект, което има своевременното и в пълен обем прибиране на цвета от розовите насаждения, значителна част от изследванията са посветени на механизмирането на единствената напълно немеханизирана операция – брането на цвета в насаждения с маслодайна роза.

### **Методи на изследване**

Научните изследвания върху създаването на технически средства за механизирани дейности при отглеждането и брането на маслодайна роза включваха провеждането на теоретични изследвания и експериментални изпитвания. Разработването на всяко техническо средство представляваше самостоятелно изследване, което се характеризираше със свои особености, породени от спецификата на извършваната технологична операция. В най-общ вид всяко изследване стартираше с издигане на хипотеза и нейната проверка, при приемането ѝ продължаваше с разработване на имитационен модел и провеждане на компютърно моделиране за определяне на основни конструктивни параметри и експлоатационни показатели на разработваното техническо средство, и завършваше със създаване на опитен образец и неговото изпитване на конструктивна здравина и функционална пригодност в лабораторни и полеви условия. В процеса на реализация на изследванията бяха провеждани предварителни и паралелни проучвания, теоретични и експериментални изследвания за набавяне на информация, необходима за осъществяване на основните изследвания. За обработка на получените резултати се прилагаха методите на математическата статистика.

### **Научна новост и значимост на получените резултати**

Обоснована теоретично и проверена експериментално е двуфазна схема, комбинираща пневматично засмукване на цвета и механично отрязване на цветната дръжка под чашката, на базата на която е дефиниран метод за механизмирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението.

Дефиниран е пневмо-механичен метод за механизмирано бране на маслодайни рози, в съответствие с който розовият цвят се отделя от храста чрез пневматично засмукване на цвета с механично отрязване на цветната дръжка под чашката и се предвижда от въздушен поток до мястото за събиране.

Обосновани са параметрите на технически решения за опръскване на розовите храсти и за третиране на почвената повърхност под техните корони,

позволяващи борба с плевели, болести и неприятели и регулиране на физиологичните процеси в растенията, за механизмиране брането на розов цвят, за провеждане на селективна резитба с едновременно изнасяне на изрязаната растителна маса извън насаждението, за формиране на височината и изрязване на храстите близо до основата с насочване на изрязаната растителна маса в междуредовото пространство на насаждението с маслодайна роза.

### **Практическа полезност на резултатите от изследванията**

В рамките на дисертационния труд са изследвани и създадени работни машини за розопроизводството, позволяващи механизмирано провеждане на широк спектър от дейности, свързани с грижите за растенията и брането на розов цвят, а именно:

- машина за реализиране на грижи в насаждения с маслодайна роза чрез опръскване на розовите храсти;
- машина за реализиране на грижи в насаждения с маслодайна роза чрез опръскване на почвената повърхност под короните на розовите храсти;
- машина за селективна резитба в розови насаждения;
- едномодулна машина за механизмиране брането на цвета от маслодайна роза с ръчно откъсване на цвета;
- тримодулна машина за механизмиране брането на цвета от маслодайна роза с ръчно и пневматично откъсване на цвета;
- машина за пневматично бране на маслодайни рози;
- машина за резитби за формиране на височината и изрязване близо до основата на храстите в розови насаждения.

Модулният принцип на комплектоване на първите четири от работните машини позволява обединяването им в една „многофункционална машина“, с която при определени условия могат да бъдат реализирани и транспортни дейности.

Разработена е класификация на розопроизводителните стопанства в Република България по критерия „използвана земеделска площ“ и са определени оптималните енергетични средства за механизмирано отглеждане на маслодайната култура във всяко едно от тях. На тяхна база собствениците на стопанства могат да преценят необходимите, но и адекватни на възможностите им инвестиции за закупуване на земеделска техника, а държавните изпълнителни органи да прецизират разпределението на средствата за подпомагане на земеделските стопанства, съобразно техните възможности за ефективно усвояване.

Определени са параметрите на универсална триточкова стойка за работни земеделски машини, която да позволи агрегирането на навесни и полунавесни работни машини към навесните механизми на трактори със средна мощност, присъединителните елементи на които са изработени в съответствие с националния БДС-стандарт и международния ISO-стандарт.

### **Апробация на резултатите от изследванията**

По резултати от изследванията, получени в рамките на дисертационния труд, са подготвени и представени на международни и национални форуми 14 научни доклада, публикувани са 28 научни труда, регистрирани в Патентното ведомство на Република България са 4 полезни модела, получени са 4 награди от международни и национални организационни структури. Научните трудове са публикувани в списанията „*Bulgarian Journal of Agricultural Science*“, „*Journal of Balkan Ecology*“, „*Applied Researches in Technics, Technologies and Education*“, „*Bulgarian Journal of Soil Science*“, „*Растениевъдни науки*“, „*Селскостопанска наука*“, „*Селскостопанска техника*“, „*Механизация на земеделието*“, „*Агроинженерия*“ (Русия), „*Plant Science*

Today” (Индия), в сборници с доклади от международни и национални научни форуми и в други периодични издания.

**ЦЕЛ на изследванията в дисертационния труд:**

***Повишаване на ефективността на розопроизводството и подобряване на условията на труд на заетите в него лица чрез оптимизиране на използването и разработване на нови методи и технически средства за механизирани операции от технологичния процес при отглеждането и брането на маслодайна роза.***

**ЗАДАЧИ за решаване в дисертационния труд:**

- Класифициране на розопроизводителните стопанства в Република България с оглед механизиранието в оптимална степен на дейностите при отглеждането на маслодайна роза.
- Обосноваване на изискванията към земеделската техника (енергетични средства, работен инвентар, машинно-тракторни агрегати) за механизирани дейности от производствения процес в стопанствата, отглеждащи маслодайна роза.
- Разработване на техническо решение на триточкова стойка за земеделски работни машини, която позволява агрегиране към трактори със средна мощност, използвани в българското и световно земеделие.
- Разработване на многофункционална земеделска работна машина за механизирани операции от технологичния процес в розопроизводителни стопанства.
- Разработване на земеделска работна машина за механизирани брането на цвета в насаждения с маслодайна роза.
- Дефиниране на метод за механизирани бране на цвета на маслодайна роза, обосноваване параметрите и компановане на техническо средство за неговото прилагане.
- Разработване на земеделска работна машина за пневматично бране на цвета на маслодайна роза в розопроизводителни стопанства.
- Разработване на земеделска работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза с едновременно изнасяне на изрязаната растителна маса в междуредието.

## **II. СТРУКТУРА И СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

### **Раздел 1. Маслодайна роза – обща характеристика, състояние и възможности за механизирани отглеждане**

Разделът съдържа общи сведения за маслодайната роза, провежданите дейности и използваните технически средства при нейното отглеждане, информация за основни проблеми в розопроизводителната практика и възможностите за решаването на редица от тях.

Извършен е анализ на използваната земеделска земя в съвременното розопроизводство в Република България на базата на информация, която по данни на Министерството на земеделието включва 90% от общите площи и 80% от броя на розопроизводителните стопанства. Констатирана е нееднаквата степен на механизирани и ефективност на използване на техническите средства в различните по размер стопанства. Формулиран е извод, че повишаване на ефективността на технологичния процес при отглеждането на маслодайна роза може да бъде постигнато чрез разработване и внедряване в практиката на технически решения за

механизиране на дейности, свързани с грижи за растенията и брането на розовия цвят. Определен като подходящ за внедряване е несложен в конструктивен план, надежден и лесен за експлоатация работен инвентар с възможност за агрегиране към всички земеделски трактори, които удовлетворяват изискванията за движение в розови насаждения. Предимство за използване в по-малките по размер стопанства е предопределено за работните машини от тип «многофункционален», позволяващи извършването на по-голям брой технологични операции.

Формулирани са общата цел на изследванията в дисертационния труд и задачите за решаване за нейното постигане.

### **Основни констатации и изводи от раздел 1**

- Българското розово масло е част от културното наследство на българския народ, безспорен символ на Република България в международната общност. Характеризира се с изключително високи качества, като по редица показатели е най-доброто в света.
- При съвременния начин на производство редица дейности при отглеждането на маслодайна роза - суровината, от която се произвежда розовото масло, са напълно механизирани, други са частично. Напълно ръчно и до ден днешен продължава да се извършва брането на цвета в розовите насаждения.
- Анализът на използването на земеделската земя в розопроизводството в България показва, че размерите на стопанствата, в които се отглежда маслодайна роза, както и потенциалите на техните стопани за внедряване на нова техника и технологии се различават. Разграничаването на розопроизводителните стопанства, съобразно нужните технически средства за механизирани на технологичния процес, би позволило на стопаните им да направят правилна преценка за необходимите, но и адекватни на възможностите им инвестиции за постигане на максимални резултати.
- Повишаване на ефективността на технологичния процес при отглеждането на маслодайна роза може да бъде постигнато чрез разработване и внедряване в розопроизводителните стопанства на технически решения за механизирани на дейности, свързани с грижи за растенията и брането на розовия цвят. Подходящи за внедряване в практиката са несложни в конструктивен план, надеждни и лесни за използване работни машини (за предпочитане от многофункционален тип) с възможност за агрегиране към всички земеделски трактори, които удовлетворяват изискванията за движение в розови насаждения.
- Особено внимание при механизиранието на операциите от технологичния процес изисква единствената напълно немеханизирана дейност в розопроизводителната практика – брането на цвета от насаждения с маслодайна роза, разходите за извършването на която в цветодаващо насаждение са около две трети от разходите за труд, а през последните години даже и от изкупната цена на розовия цвят.
- Задължително условие при стартиране на разработките върху създаването на технически средства за механизирани на дейности при отглеждането и брането на маслодайна роза е намирането на баланс между необходимост, възможност за реализация и икономическа целесъобразност.

### **Раздел 2. Методически основи на научните изследвания**

Базирайки се на двете основни направления за реализация на научни изследвания с инженерна (техническа) насоченост в земеделската практика е дефинирано понятието „**научно изследване в инженерната земеделска практика**“, като „*идейно, кадрово и икономически обоснован комплекс от*

дейности за създаване на нови или усъвършенстване на съществуващи технически средства за механизирани на технологични операции при отглеждането и прибирането на земеделска продукция“. Обобщени са методическите основи и разработена обща схема на научно изследване в инженерната земеделска практика.

Отчитайки разнообразието на технологичните операции, за механизирани на които се създават технически средства, е разработена обща методика на научното изследване върху механизирани отглеждане и бране на маслодайна роза в двата характерни за инженерната земеделска практика теоретичен и експериментален аспект. Особеностите, касаещи използваните методи и средства при реализирането на изследванията в дисертационния труд, са посочени в разделите, посветени на всеки конкретен обект и предмет на изследване. Оформени в методичен план са и провежданите предварителни и паралелни изпитвания, с които се проверяват издигнати хипотези, събира се информация и се идентифицират ограничителни условия, необходими за реализиране на основните теоретични и експериментални изследвания.

### **Раздел 3. Обосноваване параметрите на технически средства за работа в стопанства с насаждения с маслодайна роза**

След предварителни проучвания върху параметрите на маслодайното растение и розовото насаждение са формулирани изискванията към средствата за механизация в розопроизводителната практика (земеделски трактори и работен инвентар). За осигуряване на ефективното им използване в технологичния процес е разработена класификация на розопроизводителните стопанства в България по критерия „използвана земеделска площ“. Обособени са 5 типа стопанства, на всяко от които съответства диапазон от площи с розови насаждения (табл. 3.1).

Таблица 3.1.

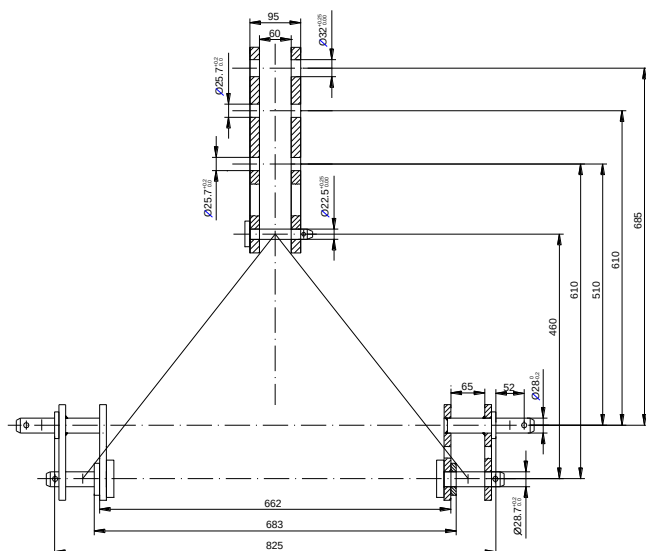
Класификация на розопроизводителните стопанства в България по използваната земеделска площ и препоръчвания мощностен потенциал на земеделския трактор

| Тип на стопанството | Площ с розови насаждения, ha | Мощност на тракторния двигател, hp |
|---------------------|------------------------------|------------------------------------|
| „микро“             | до 0,5 вкл.                  | 8 – 20                             |
| „малко“             | над 0,5 до 2,0 вкл.          | 20 – 30                            |
| „средно“            | над 2,0 до 5,0 вкл.          | 35 – 50                            |
| „средноголямо“      | над 5,0 до 10 вкл.           | 65 - 80                            |
| „едро“              | над 10                       | 80 hp на всеки 15-20 ha            |

Границите на диапазоните са подбрани, като са отчетени размерите на доказали се с времето и съществуващи в момента форми за използване на земеделска земя в розопроизводството, както и размерите, посочени в нормативни документи, отнасящи се до финансовото подпомагане на земеделски стопанства по линия на Общата селскостопанска политика на Европейския съюз (ОСП) през изминалия (ОСП 2014-2020) и настоящия (ОСП 2021-2027) периоди. Осигуряването на различните типове розопроизводителни стопанства с оптимални за размерите им енергетични средства е извършено на базата на препоръчаното в практиката съотношението “размер на земеделското стопанство – мощностен потенциал на земеделския трактор”.

За неутрализиране на проблемите при агрегатирането на работни машини към земеделски трактори, породени от съществуващи различия в стандартите на

Международната организация по стандартизация (ISO) и Българския институт по стандартизация (БИС) за навесни устройства, е разработена универсална триточкова стойка (фиг. 3.1). Основните конструктивни размери на универсалната триточкова стойка, позволяваща присъединяване на работни земеделски машини към пет типа навесни механизми, с каквито се съоръжават тракторите със средна мощност, са представени в табл. 3.2.



Фиг. 3.1.  
Общ вид на универсална  
триточкова стойка за  
работни земеделски  
машини

Таблица 3.2.

Присъединителни размери на универсална триточкова стойка за агрегатиране на работни земеделски машини към навесни механизми на земеделски трактори

| Тип навесно устройство        | l   | h   | d <sub>1</sub> | Забележка          |
|-------------------------------|-----|-----|----------------|--------------------|
| ТНУ-2 ("Изпълнение А") по БДС | 825 | 510 | 25,7           |                    |
| ТНУ-2 ("Изпълнение Б") по БДС | 662 | 460 | 22,5           |                    |
| Категория 2 по ISO            | 825 | 610 | 25,7           |                    |
| Категория 2N по ISO           | 683 | 610 | 25,7           | Допълнителни шайби |
| Категория 3N по ISO           | 825 | 685 | 25,7           | Преходни втулки    |

### Основни констатации и изводи от раздел 3

- Удовлетворяват изискванията за механизирание на операциите от технологичния процес техническите средства, които: са с габарити, осигуряващи свободно движение в междуредията на розовите насаждения; притежават устойчивост за движение на наклони, характерни за терените, на които се отглеждат розовите насаждения; имат достатъчен клиренс (пътен просвет), позволяващ им да се движат по терени с неравен профил; гарантират безопасност за здравето на обслужващия персонал, съхранност на розовите растения и съседните на тях насаждения.
- Подходящи за използване в розопроизводителната практика са мобилни енергетични средства (земеделски трактори) със средна и по-ниска мощност, които притежават теглително-сцепни и скоростни качества, присъединителни елементи за връзка с работните машини и товароподемност на навесната (окачната) система, удовлетворяващи изискванията за механизирание на дейностите от технологичния процес при отглеждането на маслодайна роза.
- Разработена е класификация на розопроизводителните стопанства в Република България по критерия „използвана земеделска площ“ и определени

оптималните (по мощност на двигателя) енергетични средства за механизирано отглеждане на маслодайната култура във всяко едно от тях. Класифицирането на стопанствата по типове, отчитащи спецификата на сектора, позволява на стопаните им да преценят необходимите инвестиции за закупуване на земеделска техника и облекчава изпълнителните органи при разпределяне на средствата за подпомагане на земеделските стопанства, съобразно техните възможности за ефективно усвояване.

- Определени са параметрите на универсална триточкова стойка за земеделски работен инвентар, която да позволи агрегатирането на навесни и полунавесни работни машини към навесните механизми на трактори със средна мощност, независимо от варианта на изпълнение и стандарта, по който са изработени присъединителните елементи.
- Разработен е единен подход за избор на енергетично средство за работа в розопроизводителни стопанства от определен тип, независимо от системата за оценка на неговата агрегируемост – по теглителната сила или по мощността, реализирана чрез основния вал за отвеждане на мощност.

#### **Раздел 4. Разработване на многофункционална земеделска работна машина за розопроизводството**

Формулата за успешно внедряване на работни машини от тип „многофункционален“ в практиката е „проста конструкция - бързо конфигуриране - надеждна работа - лесна поддръжка - приемлива цена“. Важен елемент при изграждането на концепцията за многофункционална машина е определянето на технологичните операции за механизирание. Анализът на дейностите и средствата за механизация в розопроизводителната практика показва, че най-големи трудови ресурси изискват борбата с плевелите в реда (изисква няколкократно ръчно окопаване), селективната резитба и брането на розов цвят.

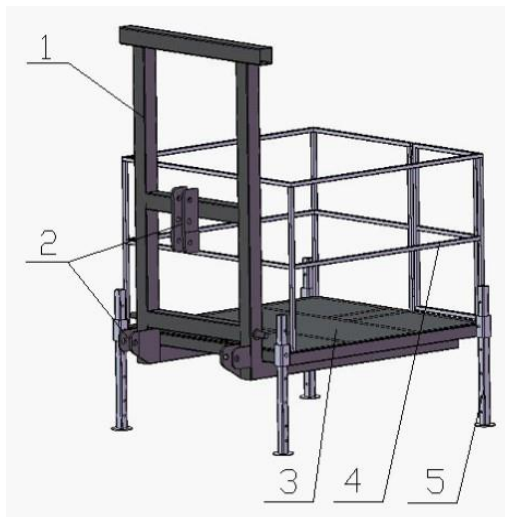
Научното изследване бе проведено с цел създаване на многофункционална земеделска работна машина за реализиране на технологични операции чрез пръскане, селективна резитба, бране на розов цвят, транспортни дейности в розопроизводителни стопанства. Разработката имаше аналитико-експериментален характер и включваше провеждането на теоретични и експериментални изследвания.

#### ***Теоретични изследвания при разработването на многофункционална земеделска работна машина за розопроизводството***

Разработен е идеен проект на многофункционална земеделска работна машина за механизирание на дейности от технологичния процес в малки и средни по размер розопроизводителни стопанства (наричана оттук нататък още „многофункционална машина за розопроизводството“ и означавана съкратено „ММР“), включващ технически решения за реализиране на технологични операции чрез пръскане, селективна резитба, бране на розов цвят, транспортни дейности. Машината е от тип „работен инвентар“ и е изградена на модулен принцип. Основен елемент в конструкцията ѝ е базовият модул, който в зависимост от извършваната технологична операция се комплектова с изпълнителни и спомагателни модули. ММР се изпълнява в навесен и полунавесен вариант.

Базовият модул (фиг. 4.1) на ММР включва носеща рама (1) и товарна платформа (3). Носещата рама (1) е с оформена в предната ѝ част триточкова стойка (2) за агрегатиране към земеделски трактор. Товарната платформа (3) е с монтиран по периметъра ѝ защитен парапет (4). В задната част на товарната платформа е прикрепен централно фланец за присъединяване на ходово колело (за полунавесния вариант на многофункционалната машина). В четирите ѝ края са

разположени регулируеми по височина опори (5). Носещата рама (1) се състои от два броя Г-образни рами, свързани помежду си с три напречни греди. Най-горната от напречните греди се присъединява към Г-образните рами с помощта на крепежни възли (не са показани на фигурата).



Фиг. 4.1.

Идеен проект на базовия модул  
на многофункционалната машина  
за розопроизводството

1 - носеща рама; 2 - триточкова  
стойка; 3 - товарна платформа;  
4 - защитен парапет; 5 – опора.

*Идейни проекти за техническо решение на вариантите на многофункционалната машина*

Идейният проект на *вариантите на ММР за реализиране на технологични операции чрез пръскане* предвижда използването им за внасяне на препарати за борба с вредителите (плевели, болести и неприятели) и за стимулиране растежа на растенията, за оросяване с цел повишаване на въздушната влага в сухи периоди, за поливане на млади растения. Вариантите се комплектоват като базовият модул се съоръжава с опръскващи уредби от „щангов тип“ с вертикално разположени щанги, позволяващи разпръскване на работната течност по най-опростената схема, а именно „с механично разпръскване и инерционно отнасяне на капките“. Идейният проект включва три варианта на изпълнение на опръскващата уредба за третиране на розовите храсти (с прави, Г-образни и П-образни щанги) и един вариант на изпълнение на опръскващата уредба за третиране на почвената повърхност под короните на храстите.

Идейният проект на *варианта на ММР за механизирание брането на розов цвят* предвижда разполагане на берачите и съдовете за събиране на розов цвят върху товарната платформа на ММР. Вариантът се комплектова като върху товарната платформа на базовия модул са оформят две работни места за берачи за едновременно обслужване по една половина от два съседни реда с розови храсти. Всяко работно място включва седалка и стойка за сменяем съд за събраната продукция, разположена зад седалката на другото работно място. Безопасността на берачите върху товарната платформа по време на работа се осигурява от защитния парапет. Осветителни тела, захранвани от електрооборудването на земеделския трактор, осветяват в часовете преди изгрев слънце зоните от редовете на маслодайното насаждение, обслужвани от розоберачите. Светлинно-звукова сигнализираща система служи за комуникация между берачите и тракториста по време на работа.

Идейният проект на *варианта на ММР за пневматична селективна резитба* предвижда реализиране на селективна резитба с едновременно извозване на отстранения от храстите растителен материал. Вариантът се комплектова като базовият модул се съоръжава с два резитбени модула, всеки от които се състои от

пневматична ножица с удължител и гъвкав въздуховод, пневморазпределител, елементи за връзка с пневмосистемата на трактора и др. Към защитния параван се монтират странични панели, които да възпрепятстват изпадането на събирания в товарната платформа растителен материал. Пневматичната селективна резитба се реализира, като провеждащите я от земята оператори с помощта на резитбени модули отрязват от два съседни реда подлежащите за отстраняване розови стъбла и ги събират върху товарната платформа.

Идеята за *използване на ММР за реализиране на транспортна дейност* предвижда формирането на машинно-тракторен агрегат (МТА) от базовия модул и земеделски трактор. За превоз на насипни и неголеми по размер товари товарната платформа се комплектова със странични панели.

Възможност за агрегатиране на ММР към тракторни навесни системи, чиято товароносимост е по-ниска от експлоатационната ѝ маса, позволява полунавесният вариант за изпълнение на работната машина. Реализира се като към фланеца в задната част на товарната платформа на базовия модул се захваща посредством конзолна конструкция ходово колело. Колесната опора на ходовото колело позволява свободното му завъртане около нейната ос, както и регулиране на височината на позициониране на базовия модул по отношение на опорната повърхност.

*Определяне параметрите на базовия модул на многофункционалната машина за розопроизводството*

Параметрите на базовия модул на ММР са определени в два етапа:

- I етап - определяне на конструктивни размери на базовия модул;
- II етап - определяне на материалите за изработване на базовия модул.

Определяща размерите на базовия модул на ММР бе технологичната операция „бране на розов цвят“. Конструктивните размери на базовия модул са избирани съобразно морфологичните особености на маслодайното растение, прилаганите схеми на изграждане на розовото насаждение и изискванията за ергономична и безопасна работа на намиращите се върху товарната платформа розоберачи. Изследването на конструктивното решение за определяне на материалите за изработване на базовия модул е реализирано с навесния вариант на изпълнение на ММР чрез компютърно имитационно моделиране. За целта на базата на разработения идеен проект за многофункционална машина и с помощта на програмния продукт *Solid Works* е създаден физически функционално-геометрически имитационен 3-D модел на базовия ѝ модул (фиг. 4.2).

В процеса на компютърното изследване са моделирани варианти на конструкцията на базовия модул с използването на различни профили за основните ѝ елементи. Материалите за изработването са определени, като върху имитационния модел са приложени външни за конструкцията сили, местата и характерът на прилагане на които са съобразно изпълняваната от ММР технологична операция. Възприети са два вида разпределение на товара върху товарната повърхност на базовия модул: равномерно разпределен върху цялата товарна платформа и локализиран в определени зони от товарната платформа (т.е. неравномерно разпределен). На фиг. 4.2.а е представен имитационният модел със силите от действието на масата на резервоара с работната течност и елементите от уредбата за неговото разпръскване при варианта за борба с вредителите по розовите растения, а на фиг. 4.2.б от действието на масата на берачите и събраната от тях продукция.

Изследвани са ситуации, при които многофункционалната машина е агрегатирана към четири вида навесни устройства за земеделски трактори, всичките стандартизирани от действащи национален и международен стандарти.

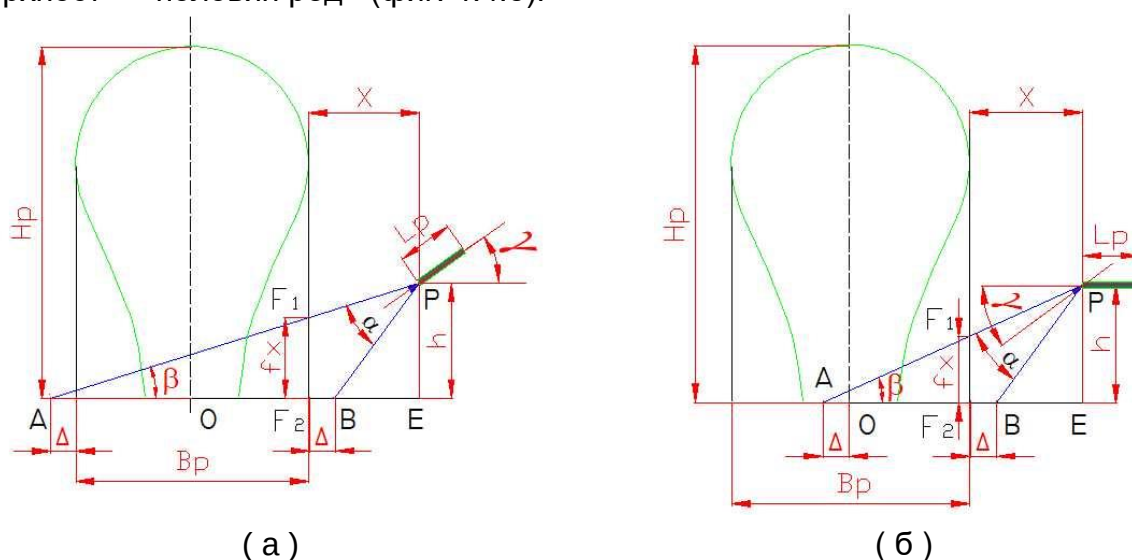


стойност на FOS и малко по-голяма конструктивна маса (около 10%) би била MMP с носеща рама от профил с размери 80x80x5 или 100x100x4.

За оценяване влиянието, което оказват експлоатационните фактори върху здравината на конструкцията на базовия модул, са моделирани ситуации, характерни за използването на работните машини в земеделската практика. За неутрализиране на идентифицирани при теоретичното изследване проблеми са разработени технически решения, осигуряващи конструктивна здравина, която да гарантира безаварийното използване на многофункционалната машина в розопроизводителната практика. С модифицираните конструкции е проведено имитационно моделиране при същите условия на изследване.

В реализирането на теоретичните изследвания върху създаването на *варианта на MMP за третиране на маслодайното растение и на варианта на MMP за третиране на почвената повърхност под короната на маслодайното растение чрез пръскане* е приложен единен подход, включващ доказване по експериментален път на издигната хипотеза, разработване на графо-аналитични модели на схеми на пръскане, извеждане на математически зависимости, даващи връзката между изследваните параметри, създаване на приложна програма, с която са моделирани различни варианти на разположение на разпръскващите елементи по отношение на опорната повърхност и розовия храст. Изчисления се провеждат за трите най-широкоприлагани в земеделската практика технологични схеми на формиране на насаждения с маслодайна роза, съответно с ширина между редовете 2,8 m, 3,0 m и 3,2 m. На базата на получените резултати са компоновани щангови опръскващи уредби за комплектоване на вариантите на MMP.

Теоретичните изследвания върху създаването на *варианта на MMP за третиране на почвената повърхност под короната на маслодайното растение чрез пръскане* са реализирани след доказване по експериментален път на издигната хипотеза, относно възможността за използване на уредби от щангов тип за опръскване на зоната около и между основите на розовите храсти. Използвайки софтуерната програма *AutoCad*, са разработени графо-аналитични модели на две схеми за третиране на зоната под короната на розовия храст: цялата ширина на почвената повърхност – «цял ред» (фиг. 4.4.а) и половината ширина на почвената повърхност – «половин ред» (фиг. 4.4.б).



Фиг. 4.4. Графо-аналитични модели за определяне позицията на разпръсквача за третиране на почвената повърхност под короната на розовия храст

а - опръсква се цялата ширина на почвена повърхност;

б - опръсква се половината ширина на почвената повърхност.

С тяхна помощ са изведени математически зависимости, на базата които със софтуерния продукт *Excel* е създадена приложна програма, с която са моделирани различни варианти на разположение на разпръскващите елементи по отношение на третираната зона от почвената повърхност (  $h$  ) и розовия храст (  $X$  ). Получените резултати за ъгъла на разпръскване (  $\alpha$  ) и ъгъла на позициониране на разпръсквача по отношение на хоризонталата (  $\gamma$  ) са графично представени с помощта на софтуерния продукт „*STATISTICA*“. Използване на резултатите от теоретичното изследване позволяват и изведените на тяхна база регресионни математически модели (табл. 4.1).

Таблица 4.1.

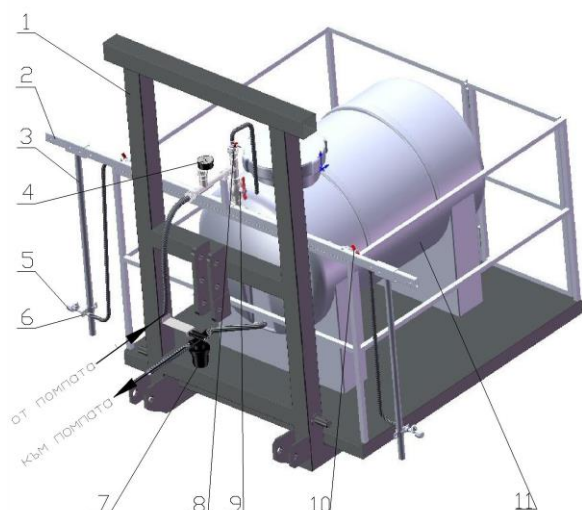
Математически зависимости за определяне на ъгъла на разпръскване и ъгъла на наклона на разпръсквача към хоризонталата, съобразно заемащата от него позиция

| Ширина на опръскваната зона                 | Изчисляван параметър                              | Математическа зависимост                                                                        | Коефициент на определеност, $R^2$ |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Цялата зона под короната на храста          | Ъгъл на разпръскване                              | $\alpha_1 = 107,7793 - 0,3779.X + 0,0343.h + 0,0003.X^2 + 0,0003.X.h - 0,0001.h^2$              | 0,934                             |
|                                             | Ъгъл на наклона на разпръсквача към хоризонталата | $\gamma_1 = 54,2789 - 0,1929.X + 0,068.h + 0,0001.X^2 + 0,0001.X.h - 5,4583E - 5.h^2$           | 0,974                             |
| Половината от зоната под короната на храста | Ъгъл на разпръскване                              | $\alpha_{1/2} = 107,9102 - 0,3785.X + 0,0018.h + 0,0003.X^2 + 0,0003.X.h - 9,7083E - 5.h^2$     | 0,913                             |
|                                             | Ъгъл на наклона на разпръсквача към хоризонталата | $\gamma_{1/2} = 56,4957 - 0,2169.X + 0,1052.h + 0,0002.X^2 + 4,8741E - 5.X.h - 4,9375E - 5.h^2$ | 0,987                             |

На базата на получените при теоретичното изследване резултати е разработена компоновка на щангова опръскваща уредба за третиране на зоната под короните на розовите храсти. На фиг. 4.5 е представено схематично 3-D изображение на опръскващата уредба, монтирана върху базовия модул на ММР. Повишаването на налягането на работната течност в уредбата се осигурява с помпа, задвижвана чрез ВОМ или с хидромотор от хидросистемата на трактора (не са показани на фигурата).

Теоретичните изследвания върху създаването на *варианта на ММР за третиране на маслодайното растение чрез пръскане* са реализирани след доказване по експериментален път на издигната хипотеза, относно приложимостта на щангови опръскващи уредби за реализиране на грижи в розовите насаждения. Използвайки софтуерния продукт *AutoCad*, са разработени графо-аналитични модели (фиг. 4.6) за две (с прави щанги и с Г-образни щанги) от трите предвидени в

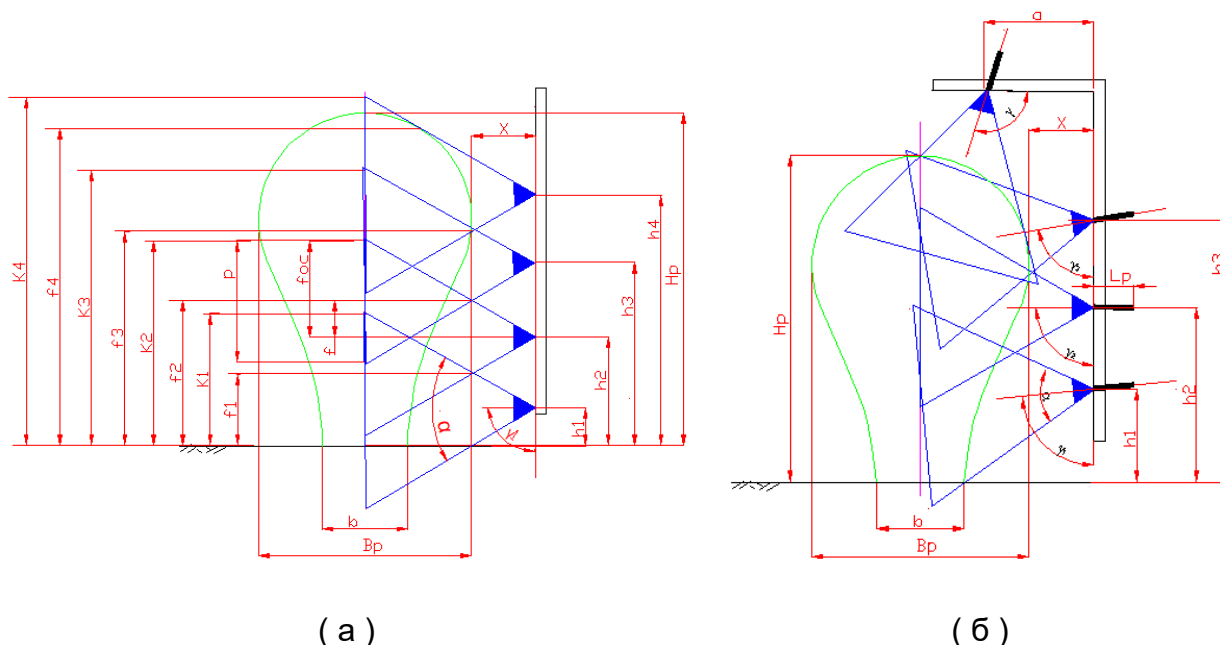
идейния проект конфигурации на опръскващата уредба за третиране на маслодайното растение. С тяхна помощ са изведени математически зависимости, на базата които със софтуерния продукт *Excel* е създадена приложна програма, с която са определени оптималните за трите технологични схеми на засаждане настроечни параметри за позициите на разпръсквачите върху двата вида опръскващи уредби. Общата за трите схеми на засаждане препоръка при комплектоване на опръскващата уредба е първият разпръсквач да се позиционира по височина в границите на 200-400 mm от опорната повърхност. Позиционирането му над 400 до 600 mm е допустимо при насаждения с високооформени корони на храстите.



Фиг. 4.5.

Идеен проект на варианта на ММР за третиране на зоната под короните на розовите храсти чрез пръскане

1 - базов модул; 2 – хоризонтална греда, 3 - вертикална щанга; 4 – манометър; 5 - разпръсквач; 6 - присъединителен възел; 7 - филтриращ елемент; 8 - регулиращ кран; 9 - главен спирателен кран; 10 – щангов спирателен кран; 11 – резервоар.



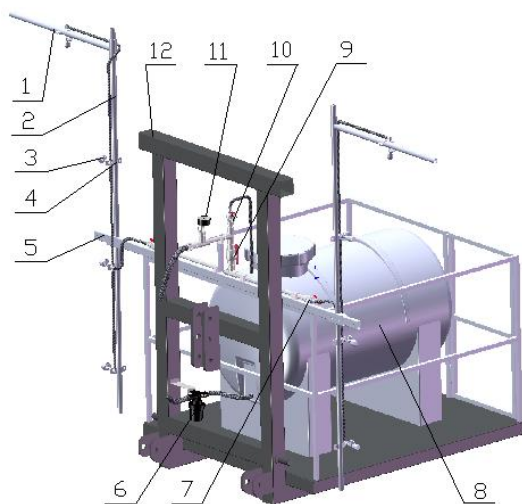
Фиг. 4.6. Графо-аналитични модели за определяне на броя на разпръсквачите и тяхното разположение върху щангите на опръскващата уредба за третиране на розов храст  
 а - с прави щанги; б - с Г-образни щанги.

Спазвайки условието за покривност на розовия храст по цялата височина на външната му страна и изискването за застъпване на факелите на съседни

разпръсквачи във вътрешността на храста, чрез графично моделиране са коригирани позициите на разпръсквачите върху щангите, като долният край на струята на най-ниско разположения разпръсквач е насочен не по границата на зоната от почвената повърхност под короната (виж. фиг. 4.6.а), а по очертанието на основата на храста (виж. фиг. 4.6.б). Моделирани са ситуации за оценка на възможността за намаляване на броя на разпръсквачите върху щангите.

Анализът на резултатите показва, че в теоретичен план опръскващата уредба с Г-образни щанги дава по-големи възможности за равномерно опръскване на маслодайния храст. Налице са по-широки възможности за редуциране на броя на разпръсквачите, без да се нарушат изискванията за покривност на храста с работна течност. Недостатък на опръскващата уредба с Г-образни щанги са по-големите габарити, с които трябва да се съобразява механизаторът при извършване на маневри и транспортиране на земеделската машина по пътищата за обществено ползване. Резултатите, получени за опръскващата уредба с Г-образни щанги, могат да бъдат ползвани за комплектоване на опръскваща уредба с П-образни щанги, позволяваща формиране на МТА за едновременното опръскване на два реда с розови храсти.

На базата на получените при теоретичното изследване резултати е разработена компоновка на щангова опръскваща уредба за опръскване на розовите храсти. На фиг. 4.7 е представено схематично 3-D изображение на варианта на опръскващата уредба с Г-образни щанги, монтиран върху базовия модул на ММР. Повишаването на налягането на работната течност в уредбата се осигурява с помпа (не е показана на фигурата), задвижвана чрез ВОМ на трактора или с хидромотор от хидросистемата на трактора. Вариантът на опръскващата уредба с прави щанги се различава от посочения на фиг. 4.7 по отсъствието на хоризонтална щанга (1).



Фиг. 4.7.

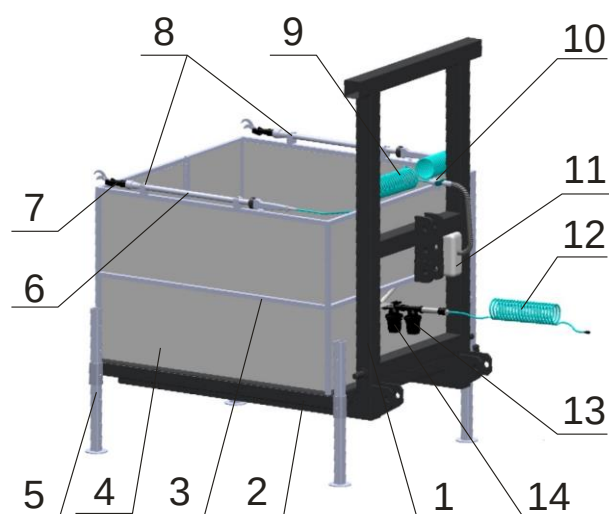
Идеен проект на варианта на ММР за третиране на розов храст чрез пръскане с Г-образни щанги

1 - хоризонтална щанга; 2 - вертикална щанга; 3 – разпръсквач; 4 - присъединителен възел; 5 - хоризонтална греда; 6 - филтриращ елемент; 7 - щангов спирателен кран; 8 - резервоар; 9 - главен спирателен кран; 10 - регулиращ спирателен кран; 11 - манометър; 12 - базов модул

Теоретичното изследване върху създаването на *варианта на ММР за пневматична селективна резитба* се реализира след експериментална проверка на издигната хипотеза, доказваща възможността за използване на потенциалите на пневматичната система на земеделски трактор при реализиране на селективна резитба в розови насаждения. Включва провеждането на аналитико-експериментални изследвания за обосноваване на конструктивни параметри и експлоатационни показатели на техническо средство (резитбен модул) за дистанционно отрязване на определените за това стъбла от маслодайния храст. На

фиг. 4.8 е представено схематично 3-D изображение на варианта на ММР за пневматична селективна резитба в насаждения с маслодайна роза.

Пневматичната резитба се осъществява с два резитбени модула (8), всеки от които се състои от пневматична ножица (7) с удължител (6) за реализиране на резитба от разстояние и гъвкав въздуховод (9) с накрайник тип „бърза връзка“. Едновременната им работа се осигурява от пневморазпределител (10). Максималното работно налягане се ограничава от регулатор на налягането (11). Схемата включва още филтър-утаител (филтър с водоотделител) (13) и омаслител (14), с които съгстеният въздух, постъпващ през гъвкавия въздуховод (12) от тракторната пневматична система, се подготвя във вид, необходим за нормалната работа на пневматичните ножици.



Фиг. 4.8.

Идеен проект на варианта на ММР за пневматична селективна резитба в насаждения с маслодайна роза

1 - базов модул; 2 – товарна платформа; 3 – защитен парапет; 4 – странични панели; 5 – опора; 6 - удължител; 7 - пневматична ножица; 8 - резитбен модул; 9 - въздуховод резитбен модул; 10 – пневморазпределител; 11 - регулатор на налягането; 12 - централен въздуховод; 13 – филтър-утаител; 14 – омаслител.

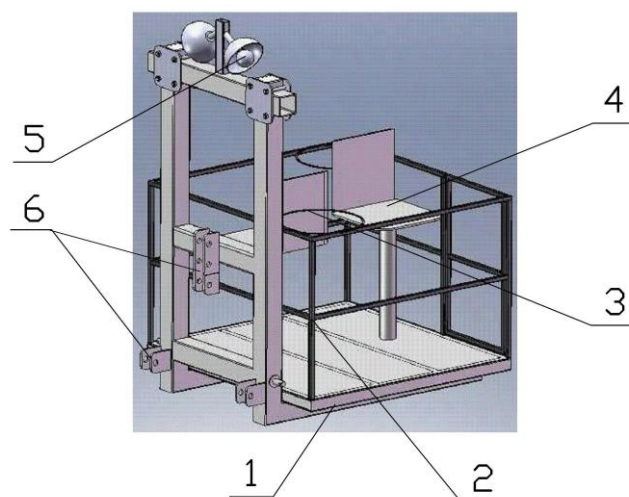
Теоретичните изследвания върху създаването на *варианта на ММР за механизирание брането на цвета от насажденията с маслодайна роза* включват определяне на параметрите на работното място на розоберача и компановане на самия вариант. На фиг. 4.9 е представено схематично 3-D изображение на варианта на ММР за механизирание брането на маслодайна роза, построено по получените резултати.

### **Експериментално изследване на многофункционална машина за розопроизводството**

За експериментално изследване на многофункционалната машина за розопроизводството на основата на базовия модул са асемблирани опитни образци на четири от петте варианта на работната машина, както следва: за борба с вредителите и полагане на други грижи в розовите насаждения чрез пръскане – 2 варианта; за пневматична селективна резитба; за бране на розов цвят. Заключение, относно допустимостта за формиране на вариант за транспортни дейности, се прави по резултатите от изпитването на посочените четири варианта.

Опитните образци са тествани за конструктивна здравина и функционална пригодност. Проведени в три етапа експериментални изследвания в лабораторни, в близки до реалните и в полеви условия доказаха конструктивната здравина на всичките варианти на ММР. Тестовите за функционална пригодност са осъществени през розоберните периоди на 2015 и 2019 г. в лабораторно-производствения комплекс на Института по розата и етеричномаслените култури (ИРЕМК) в

гр.Казанлък. Храстите в насажденията бяха с оптимални за активно цветодаващо растение параметри (с височина  $H_p \approx 1,6$  m и ширина  $B_p = 1,0 - 1,2$  m), редовете с дължина 120 m и ширина между тях  $B=3,0$  m. Опитните образци са изпитвани в състава на машинно-тракторни агрегати, формирани на базата на земеделски трактори със средна мощност. Оценката за функционалната пригодност на всеки от вариантите на ММР е формирана на базата на резултатите от проведени измервания, мненията на непосредствените изпълнители на технологичната операция и контролиращите провеждането на опитите специалисти.



Фиг. 4.9.  
Идеен проект на варианта на ММР за бране на розов цвят

1 – товарна платформа; 2 – защитен парапет; 3 – стойка за сменяемия съд; 4 – седалка; 5 – осветителни тела; 6 – триточкова стойка.

Тестовите за оценка на функционалната пригодност на *варианта на ММР за опръскване на зоната от почвената повърхност под короните на розовите храсти* (фиг. 4.10) са реализирани в по-голямата си част в редове с повишена заплевеленост. Анализът на резултатите от тестовете показва, че независимо от схемата на пръскане („половин ред“ или „цял ред“) позициониране на разпръсквача в границите 30-40 cm над опорната повърхност напълно удовлетворява изискванията за покривност на третираната зона. Работна течност върху листната маса на храста, разположена над 50 cm от опорната повърхност, не попада, което е основно условие за ефективна борба с плевелите.



Фиг. 4.10.  
Визуален контрол за работата на опръскващата уредба за третиране на почвената повърхност под короните на розовите храсти

Определено бе, че при неголяма плътност на плевелите пръскането с щанговата опръскваща уредба е възможно по схемата „цял ред“ с налягане в границите 0,12 – 0,2 МПа. В зоните с голяма заплевеленост необходимата плътност

на капковото покритие върху плевелната растителност се осигурява при пръскане по схемата „половин ред“ и стойности на налягането между 0,2 – 0,3 МПа.

Резултатите от проведения хронометраж показаха, че при движение на МТА с постъпателна скорост 4-5 km/h с щанговата опръскваща уредба могат да бъдат реализирани разходни норми 300-400 l/ha, каквито се прилагат при внасяне на хербициди за борба с плевелите. Мнението на контролиращите изпитванията специалисти от ИРЕМК бе, че вариантът на ММР може успешно да се използва и за кореново подхранване на растенията с течни торове, поливане на млади насаждения и др.

Изпитването за функционална пригодност на *варианта на ММР за опръскване на розовите храсти* е осъществено с опръскващи уредби с прави (фиг. 4.11.а) и Г-образни щанги (фиг. 4.11.б). За събиране на данни за оценяваните показатели върху двете страни на листа от розови храсти в определените за провеждането на тестовите редове бяха закрепени пластини от водочувствителна хартия на CIBA-GEIGY. Пластините бяха разполагани в най-широката зона на храстите на разстояния 100 mm, 300 mm и 500 mm от външната страна на короната към вътрешността на храста.



Фиг. 4.11. Машинно-тракторни агрегати на базата на ММР с щангови уредби за опръскване на розовите храсти  
а - с прави щанги; б - Г-образни щанги.

Всяка щанга бе комплектова с по 4 разпръсквача, позиционирането на които първоначално бе в съответствие с получените при компютърното моделиране резултати. В процеса на изследването в зависимост от наличието на капково покритие върху листата от розовите храсти бяха коригирани параметрите, характеризиращи разположението на всеки от разпръсквачите (отдалеченост от храста, височина на позициониране върху щангите на опръскващите секции, ъгъл на наклона към хоризонталата). Налягането в опръскващата уредба бе изменяно в границите от 0,1 - 0,35 МПа със стъпка на изменение 0,05 МПа.

Проведените опити показаха, че в зоната на действие на струята работната течност прониква до средата на храста. Отпечатъци от капки бяха налични върху всички водочувствителни пластини, независимо от мястото им на позициониране върху розовите храсти. Установено бе, че независимо от вида на щангите, движение на МТА със скорост в диапазона 4-6 km/h осигурява разходна норма 400-600 l/ha, достатъчна за удовлетворяване на изискванията към обема на работната течност при полагане на грижи в розовите насаждения чрез пръскане. При постъпателни скорости до 2,5 km/h изпръсканите обеми бяха около и над 1000 l/ha, което

гарантира възможността за внасяне на по-големи обеми работна течност, като например при пръскането с бордозелов разтвор, явяващ се основен фунгицид.

При изпитването за функционална пригодност на *варианта на ММР за пневматична селективна резитба* контролирани параметри и показатели по време на опитите бяха: времето за подход и резитба на леторастите за отстраняване от храст; работното налягане в уредбата; броят спирания (при наличие на такива) за осигуряване на въздух с нужното работно налягане за реализиране на резитбата; удобството при работа с комплектования резитбен модул. Отстранявани бяха сухи или поразени от агрилоса летораста чрез изрязване от дъното или мястото под установеното поражение (фиг. 4.12) при различно налягане в пневматичната система на трактора.

Проведените тестове показаха, че обемът на наличния въздух във въздушния резервоар осигурява резитбената операция без прекъсване в продължителен период от време и с изискваната при работа честота на отрезите. Отчетено бе, че при налягане на въздуха в пневматичната система на трактора 0,5 – 0,7 МРа изработената конфигурация на резитбения модул позволява отрязване на розови стъбла с диаметър, определен за номинален за пневматичната ножица - 25 mm. Резитбата на по-тънки летораста бе възможна при стойности на налягането под посочения диапазон. Работата на ножицата не доведе до спад на налягането в системата, което да изисква изчакване за възстановяване на обема и налягането на съгстения въздух в пневматичната система. Формулиран бе извод, че оптимална би била дължина на удължителя за пневматичната ножица между 80-100 cm.



Фиг. 4.12.  
Изпитване на  
варианта на ММР  
за пневматична  
селективна резитба  
в розови  
насаждения

При изпитването за функционална пригодност на *варианта на ММР за механизирани брането на розов цвят* (фиг. 4.13) параметрите и показателите, контролирани по време на тестовете, бяха: проходимостта на МТА в междуредията на масивите с маслодайна роза; достъпността на всеки от берачите до определената за обслужване зона от реда с розови храсти; удобството за работа върху машината (в т.ч. оптималността на разположение върху товарната платформа на седалката, стойката със сменяемия съд и бутоните за известяване на тракториста, формата и размерите на защитния парапет и др.); устойчивостта на берача върху товарната платформа при движение на МТА; успеваемостта от страна на берачите да изпълняват своите функции при различни скорости на движение на МТА, състояние на опорната повърхност, развитие и състояние на розовия храст и др.

Високата професионална подготовка на розоберачите, участвали в тестовете, осигури нужния за ефективната работа на беритбения МТА синхрон между тях. Движението на машинния агрегат в междуредията бе устойчиво, независимо от заеманото положение от берачите (прави/седнали) по време на бране. Колебания, които да пречат на събирането на розовия цвят, не бяха констатирани нито от берачите, нито от контролиращите изпълнението на технологичната операция лица.



( а )



( б )

Фиг. 4.13. Изпитване на варианта на ММР за бране на розов цвят в полеви условия

а – в редове с *Rosa Damascena Mill*; б - в редове с *Rosa Alba*

Резултатите от изпитванията показаха, че най-висок е ефектът от механизирането на брането, ако междуредията са добре поддържани, короната на растенията е симетрично развита, храстите са с оптималната за вида височина 1,5 - 1,6 m, а насажденията са в периода на активно цветодаване (т.е. след 4-5-та година от засаждането или подмладяването на растенията). В посочените условия пълен контрол върху обслужваната от берачите зона, удобство и безопасност при работа, проходимост и устойчивост на беритбения МТА при движение осигури позиционирането на работната машина по отношение на опорната повърхност в границите 300 - 350 mm. Работата на берачите в седнало положение беше епизодична, но въпреки това бе значително облекчена от премахването на необходимостта да се движат „напред-назад“ в редовете, да носят върху себе си събрана продукция, да преодоляват други съпътстващи събирането на розов цвят неудобства. Напълно възможна се оказа работата с две ръце, което значително ускорява беритбения процес. Констатирано бе, че умелото вариране със скоростта на движение на беритбения МТА (особено в розови насаждения с неравномерно развитие на розовите растения и цъфтеж) е решаващият фактор за постигане на оптимална за конкретните условия производителност. По резултати от проведения хронометраж е направено заключението, че постъпателна скорост в интервала 400-600 m/h осигурява възможност за прибиране в допустимия за бране времеви диапазон на всички разцъфнал розов цвят от насаждения с площ под и в границите на 10 дка (1 ha), каквито стопанисват над една трета от розопроизводителите в България. Изчислено бе, че производителността на провежданото с машината бране е 3 до 5 пъти по-висока от традиционното ръчно бране на цвета от маслодайна роза.

Провеждани наблюдения в хода на полевите изпитвания на вариантите на ММР доказаха възможността за *използване на ММР за реализиране на транспортни дейности*. Машинно-тракторен агрегат, формиран от базовия модул и земеделски трактор, позволява реализиране на вътрешностопански транспорт и превоз на земеделски товари на близки разстояния. В зависимост от товароносимостта на тракторния навесен механизъм се избира видът на изпълнение на ММР – навесен или полунавесен. За превоз на насипни и неголеми по размер товари товарната платформа изисква комплектоване със странични панели.

**Основни резултати, изводи и препоръки от раздел 4**

- Разработен на основата на модулния принцип на съставяне на техниката е идеен проект на многофункционална машина за механизирани дейности при отглеждането и брането на маслодайна роза в розопроизводителни стопанства. Обосновани по теоретичен път са параметрите и материалите за изработване на базовия модул, изпълнителните и спомагателни модули и са комплектовани варианти на ММР (всичките с възможност за навесно и полунавесно изпълнение) за реализиране на технологични операции чрез пръскане, селективна резитба, бране на розов цвят, транспортни дейности.
- Определени чрез компютърно моделиране с помощта на разработени приложни програми са видът, броят и параметрите за позициониране на разпръсквачите върху щангите на опръскващите уредби на варианта на ММР за третиране на зоната от почвената повърхност под короните на храстите и на варианта на ММР за третиране на храстите в насаждения с маслодайна роза с ширина между редовете 2,8 m, 3,0 m и 3,2 m. Изведени са регресионни математически зависимости за прицизно определяне на ъгъла на разпръскване и наклона на разположение на разпръсквач за внасяне на хербициди, съобразно технологичната схема на засаждане, състоянието на розовото насаждение, схемата на пръскане и др. фактори, с оглед недопускане попадането на работна течност върху листната маса на маслодайното растение.
- За варианта на ММР за пневматична селективна резитба, осигуряващ възможност за дистанционно отрязване на подлежащите за отстраняване розови стъбла и събирането им върху товарната платформа за последващо изнасяне извън пределите на розовото насаждение, е изчислено, че пневматичните системи на експлоатираните в розопроизводителната практика трактори са в състояние да осигуряват със сгъстен въздух две пневматични ножици за непрекъсната селективна резитба в насаждения с маслодайна роза.
- Доказани при проведени в три етапа експериментални изследвания са конструктивната здравина и функционалната пригодност на всичките варианти на многофункционалната машина за розопроизводството:

- Изпитванията в полеви условия на *варианта на ММР за третиране на почвената повърхност под короните на розовите храсти чрез пръскане* показаха, че и при двете схеми на пръскане („половин ред“ и „цял ред“) разположението на разпръсквача в границите 30-40 cm над опорната повърхност удовлетворява изискванията за покривност на третираната зона от почвената повърхност. Установено е, че при неголяма плътност на плевелите пръскането с щанговата опръскваща уредба в розови насаждения е възможно по схемата „цял ред“ с налягане в границите 0,12 – 0,2 МПа. В насаждения с голяма заплевеленост необходимата плътност на капковото покритие върху плевелната растителност се осигурява при пръскане по схемата „половин ред“ и стойности на налягането между 0,2 – 0,3 МПа. Движение на МТА за борба с плевелите с постъпателна скорост 4-5 km/h

позволява с щанговата опръскваща уредба да бъдат внасяни хербициди в приетите норми 30 - 40 литра на декар (300-400 l/ha).

- Изпитванията в полеви условия на *варианта на ММР за опръскване на розовите храсти* показаха, че независимо от вида на щангите (прави щанги или Г-образни щанги), опръскващата уредба осигурява капково покритие върху листната маса на розовите храсти, което е достатъчно за водене на ефективна борба с болести и неприятели. Установено е, че при движение на МТА със скорост 4-6 km/h е постижима разходна норма в диапазона 40 - 60 литра на декар (400-600 l/ha), удовлетворяващ изискванията към обема на работната течност за реализиране на основните дейности чрез пръскане в насаждения с маслодайна роза. Разходни норми около и над 100 литра на декар (1000 l/ha) са постижими при постъпателни скорости на МТА до 2,5 km/h.

- Изпитванията в полеви условия на *варианта на ММР за пневматична селективна резитба* доказаха, че е възможна резитба на розови стъбла с използването на тракторната пневматична система, като налягането и обемът на наличния въздух във въздушния резервоар са достатъчни и позволяват реализиране на резитбената операция без прекъсване. Установено е, че с разработения резитбен модул отрязването на летораста с диаметри, близки до номиналния за пневматичната ножица - 25 mm, се реализира при налягане на състения въздух в пневматичната система 0,5 – 0,7 МПа. Резитбата в млади насаждения с маслодайна роза може да се провежда с по-ниско налягане на въздуха, стойността на което да бъде настройвана с помощта на допълнителен регулатор на налягането, монтиран преди пневморазпределителя. Определена е оптималната дължина на удължителя за пневматичната ножица - между 80-100 cm.

- Изпитванията в полеви условия на *варианта на ММР за механизирани брането на розов цвят* показаха, че оптимални условия за неговата експлоатация са чистите и подравнени междуредия, оформените със симетрично развита корона розови насаждения с височина на храстите 1,5 - 1,6 m в етап на активно цветодаване. Пълно събиране на дневната продукция в допустимия за бране времеви диапазон, вкл. и в пиковия период на изцъфтяване на розовия цвят, може да се реализира с беритбения МТА от площи до около 10 дка (1ha), от което следва, че механизирането (макар и частично) на беритбената операция осигурява 3 - 5 пъти по-висока производителност в сравнение с традиционното ръчно бране на цвета от маслодайната култура.

- Със своята компактност и висока маневреност ММР е подходящо решение за стопанства, чиито землени участъци са с неправилна форма и неголеми размери. Гъвкавостта при позициониране на работната машина по отношение на опорната повърхност позволява използването ѝ в насаждения, намиращи се в различни етапи на възрастово развитие на розовите растения. Допълнително предимство на ММР е възможността за реализиране на превоз на земеделски товари (вкл. и насипни) на близки разстояния.

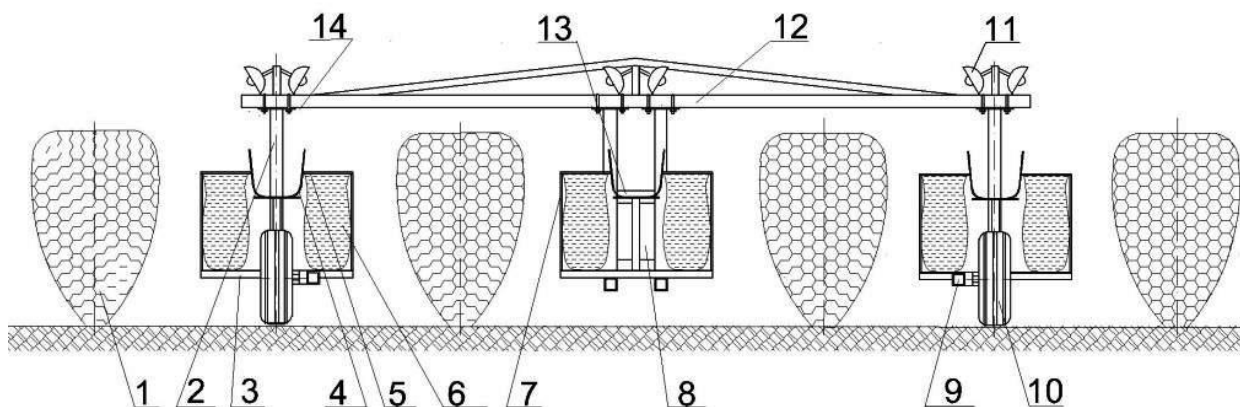
## **Раздел 5. Разработване на тримодулна земеделска работна машина за механизирани брането на цвета в насаждения с маслодайна роза**

Анализът на получените резултати от експерименталното изследване на варианта на ММР за бране на розов цвят разкриха резерви за развитие на конструкцията. Научното изследване бе проведено с цел създаване на тримодулна земеделска работна машина, с която да се мултиплицира ефекта от механизирането

(макар и частично) на единствената технологична операция в розопроизводителната практика, извървана напълно ръчно. Разработката имаше аналитико-експериментален характер и включваше провеждането на теоретични и експериментални изследвания.

**Теоретично изследване върху разработването на тримодулна работна машина за механизизиране брането на цвета в насаждения с маслодайна роза**

Отчитайки прилаганите технологични схеми за изграждане на насажденията с маслодайна роза, на базата на варианта на ММР за бране на розов цвят е разработен идеен проект на тримодулна работна машина, която да облекчи откъсването на разцъфналия розов цвят и да транспортира в редовете на розовите насаждения берачите и събраната от тях продукция по време на розобера. Тримодулната работна машина за механизизиране брането на цвета в насаждения с маслодайна роза (фиг. 5.1), наричана още оттук нататък „тримодулна машина за бране на рози“ и означавана съкратено „МР-3“, включва носеща рама (12), в предната част на която е оформена триточкова стойка (13) за агрегатиране към земеделски трактор. Към носещата рама (12) са захванати работни модули (8), всеки от които е разположен между два съседни реда с розови храсти (1). В конструктивен план работните модули (8) са идентични с представения на фиг. 4.1 с тази разлика, че носещата част на страничните модули вместо две включва една Г-образна рама и са без триточкови стойки. Работните модули (8) са присъединени към носещата рама (12) с помощта на крепежни възли (14), позволяващи позиционирането им съобразно ширината между редовете с розови храсти (1) и разединяването им при необходимост. Към долния край на Г-образните рами (2) на страничните модули са прикрепени посредством конзолни конструкции (9) ходови колела (10).



Фиг. 5.1. Идеен проект на тримодулна работна машина за механизизиране брането на цвета в насаждения с маслодайна роза (поглед отзад)

1 – ред с розови храсти; 2 – Г-образна рама; 3 – товарна платформа; 4 – седалка за берача; 5 – стойка за сменяемия съд; 6 – сменяем съд за набраната продукция; 7 – защитен парапет; 8 – работен модул; 9 – конзолна конструкция; 10 – ходово колело; 11 – осветителни тела; 12 – носеща рама; 13 – триточкова стойка; 14 – крепежен възел.

За използването ѝ в розопроизводството МР-3 се агрегатира към земеделски трактор. Беритбеният машинно-тракторен агрегат, комплектован със заели работните си места берачи, се движи в розовите насаждения с постъпателна

скорост, която позволява събирането на цялата подлежаща за бране продукция. При запълване на сменяемите съдове (6) с розов цвят, те се подменят с празни.

На базата на идейния проект с помощта на програмния продукт „Solid Works” е разработен физически функционално-геометрически имитационен 3-D модел на конструкцията на тримодулната машина за бране на рози. Размерите на елементите от конструкцията на МР-3 и материалите за тяхното изработване са определени, като върху имитационния модел са приложени външните за конструкцията сили, в т.ч. теглителната от агрегатирания земеделски трактор, от действието на масата на берачите и събраната от тях продукция, опорните реакции в ходовите елементи и реакциите в местата за присъединяване към навесната система на трактора. Изследвани са експлоатационни ситуации, при които тримодулната машина е с различна схема на агрегиране към земеделския трактор, с различно заето от берачите положение върху товарната платформа (прави/седнали), с различен брой берачи върху товарните платформи, както и конструктивния вариант, при който е без собствена ходова система. Наблюдавано е влиянието, което оказва видът на профилите, върху следните параметри и показатели: конструктивната маса на работната машина; напреженията в конструкцията и местата на възникването на максималните им стойности ( $\sigma_{\max}$ ); деформациите в конструкцията, в т.ч. максималната стойност и мястото на възникване на отклонение на неин елемент от първоначалното му положение (т.е. „без товар“); разположението на масовия център. Комплексна оценка за здравината на конструкцията на МР-3 е извършена с помощта на изчислявания от програмата „Solid Works” коефициент на сигурност (FOS). Стойности за коефициента на сигурност на конструкцията са изчислявани при използване за изработването ѝ на стоманени профили с различни якостни качества. Получените стойности са сравнявани с приетите в машиностроителната практика, които за конструкции от типа на МР-3 варират в диапазона  $FOS = 2,4...4$ .

Моделирани са конструкции, чиито елементи на носещата част са изработени от профили с различни външни размери (100x100, 80x80 и 60x60) и дебелини на стените 3, 4, 5 и 6 mm. Анализът на резултатите от имитационното моделиране на характерни за производствената практика ситуации позволи да бъдат идентифицирани вариантите (табл. 5.1) за изработване на елементите от носещата част на МР-3 (носеца греда, Г-образни рами, конзоли за ходовите колела), осигуряващи здравина на конструкцията и безопасна експлоатация на работната машина в условията на розопроизводството.

Резултатите от компютърното моделиране на варианта, при който МР-3 е без собствена ходова система, отхвърлиха възможността за безопасно използване на окомплектованата с розоберачи работна машина, но потвърдиха възможността за безопасно маневриране в повдигнато с навесната система положение в прилежащите към насажденията с маслодайна роза ивици и за транспортиране на близки разстояния.

Като етап от теоретичните изследвания са обосновани изискванията към земеделския трактор за формиране на МТА с тримодулната машина за бране на рози – трактор от средна мощност (номинална мощност на двигателя в границите 75 – 85 hp) с навесно устройство от тип ТНУ-2 по БДС15648-83 или категория cat.2 по ISO 730:2009 и трансмисия, осигуряваща супербавни скорости на движение.

За минимизиране на времевите разходи за маневри е разработена схема за движение на тримодулния МТА за бране на рози, която да му позволи да маневрира в края на розовия масив в ивица, съизмерима с габаритната ширина на работната машина, при радиус на завиване не по-голям от 3,8 m, какъвто осигуряват и по-стари модели земеделски трактори.

Таблица 5.1

Резултати от имитационното моделиране на МР-3 за определяне на профилите за изработване на елементите от носещата част на конструкцията

| Параметър / Показател                                                                                                        | Дебелина на профила с външни размери 100x100        |                                                 |                                                 |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                                              | Носеща греда-5мм;<br>Г-рама-5мм;<br>Конзоли-5мм     | Носеща греда-5мм;<br>Г-рама-4мм;<br>Конзоли-5мм | Носеща греда-5мм;<br>Г-рама-4мм;<br>Конзоли-4мм | Носеща греда-4мм;<br>Г-рама-4мм;<br>Конзоли-5мм |
| Конструктивна маса, kg                                                                                                       | 755,4                                               | 722,2                                           | 718,1                                           | 703,2                                           |
| Коефициент на сигурност (FOS) при граница на провлачане на материала:<br>- $\sigma_s = 248,17$ МПа<br>- $\sigma_s = 235$ МПа | 3,610<br>3,418                                      | 3,555<br>3,367                                  | 2,732<br>2,587                                  | 3,313<br>3,138                                  |
| Място на възникване на максималното напрежение в конструкцията ( $\sigma_{max}$ )                                            | конзолите на ходовите колела                        |                                                 |                                                 |                                                 |
| Максимално отклонение на елемент от конструкцията от положение „без товар“, mm                                               | 3,08                                                | 3,10                                            | 3,27                                            | 3,30                                            |
| място на възникване:                                                                                                         | външен преден край на страничните товарни платформи |                                                 |                                                 |                                                 |

### **Експериментално изследване на тримодулна работна машина за механизирание брането на цвета в насаждения с маслодайна роза**

Опитен образец на тримодулната машина за бране на рози е изработен в лабораторията за опитни и моделни образци на ИПАЗР „Н.Пушкарров“. Изпитан е за конструктивна здравина в три етапа – в лабораторни условия в процеса на неговото изработване, в близки до реалните условия след неговото асемблиране и в полеви условия в насаждения с маслодайна роза. На базата на наблюдаваните и регистрирани резултати своевременно са предприемани мерки за заздравяване на проблемните възли и елементи от конструкцията.

Експерименталното изпитване на МР-3 за функционална пригодност е осъществено през розоберния период на 2016 г. в експериментално-производствената база на ИРЕМК в гр.Казанлък в насаждения с *Rosa damascena* с междуредия 3,0 m. На базата на земеделски трактор Fendt 209F е формиран беритбен машинно-тракторен агрегат (фиг. 5.2).

Чрез изместване на страничните модули на МР-3 със 100 mm навътре към средния са имитирани ситуации, при които двама по двама берачите се оказваха на разстояния от розовия храст, съответстващи на движение на МТА в насаждения с три различни междуредия (3,2 m; 3,0 m; 2,8 m). Проведените опити с посочената конфигурация на МР-3 в редове с добре поддържани розови храсти доказаха функционалната пригодност на работната машина за работа в насаждения, изградени по трите най-разпространени технологични схеми.

Полевите изпитвания на тримодулната машина за бране на рози позволиха да бъдат установени важни за ефективната ѝ експлоатация факти от технологичен характер. Особеност на експериментите за функционална пригодност на МР-3 бе, че

работните места върху трите й модула бяха поверени на берачи с различен опит в брането на маслодайна роза. При постъпателна скорост на беритбения МТА между 300 - 350 m/h (0,3 – 0,35 km/h) разцъфналият цвят се събираше почти напълно от розовите храсти от всички берачи. Движението на беритбения агрегат със скорости в интервала 600 - 650 m/h (0,6 – 0,65 km/h) се характеризираше с повече останали неоткъснати цветове върху храстите, но главно в зоните, където работиха берачите с по-ниска квалификация.



Фиг. 5.2.  
Експлоатационно изпитване  
на тримодулната машина за  
бране на рози

Оценката на ефективността на МР-3 при работа е извършена на базата на информация, получена по време на провеждането на отделни опити за функционална пригодност. Анализирани са хронометрирани тестове, при които розоберачите успяха да съберат всичкия или с малки пропуски подлежащия за бране цвят. Изчислено с получените данни е, че производителността на триредовия беритбен агрегат варира между 2,5 – 3,3 декара на час (0,25 – 0,33 ha/h), което за времето до 10 ч., когато трябва да приключи работния ден по време на розобера, позволява събирането на цвета в насаждения с площи от 12,5 до почти 17 декара (1,25 - 1,7 ha/day). Базирайки се на приетата в близкото минало формула за осигуреност на беритбения процес „1 декар – 1 берач“ може да се изчисли, че за същото време шест берача (колкото са върху работната машина), движещи се в междуредията и събиращи розов цвят по традиционния начин, биха събрали цвета от 6 дека (0,6 ha). Сравнявайки получените при изчисленията данни се вижда, че наред с подобрените условия за работа на розоберачите използването на МР-3 позволява нарастване на производителността на труда от 2 до почти 3 пъти. Може да се допусне, че ефектът от механизмирането на технологичната операция с тримодулната машина е по-значителен, като се отчете фактът, че при съвременните по-строги изисквания към времето за събиране на розовия цвят за приключване на розобера в срок съотношението между площите и берачите е „2 декара – 3 берача“, а в пиковите и близки до тях периоди е даже „1 декар – 2 берача“.

Анализът на причините за пропуските в събирането на цвета при движение на беритбения МТА с постъпателна скорост 600-650 m/h (0,6–0,65 km/h) дава основание да се предположи, че при комплектоване на МР-3 с квалифицирани розоберачи в извънпиковите периоди на розобера може да се реализира движение с по-висока скорост, което да позволи събирането на цвета от двойно по-големи площи.

#### **Основни резултати, изводи и препоръки от раздел 5**

- Разработен е идеен проект за техническо решение на тримодулна земеделска работна машина, която позволява откъсване на разцъфналият цвят и

- транспортиране в редовете на розовите насаждения берачите и събраната от тях продукция по време на розобера.
- Създаден е физически функционално-геометрически имитационен 3-D модел на тримодулна работна машина за механизирание брането на цвета от маслодайна роза, с който е проведено компютърно изследване и са определени профилите и вида на материалите за изработване на основни елементи от конструкцията ѝ в зависимост от значими конструктивни параметри и експлоатационни фактори, в т.ч. схемата на присъединяване на тримодулната машина към навесната система на трактора, заеманото от берачите положение (прави/седнали) върху товарните платформи, броя и разпределението на берачите върху товарните платформи, наличието на опорни ходови колела и др.
  - Изработен е опитен образец на тримодулната машина за бране на рози, с който при проведени експериментални изпитвания е доказана функционалната ѝ пригодност за работа в насаждения, изградени по трите най-широко използвани схеми за тяхното формиране (с междуредия 2,8 m, 3,0 m и 3,2 m). За оптимални скорости на движение на беритбения агрегат е препоръчан диапазонът 300 – 600 m/h (0,3 – 0,6 km/h), като конкретните скорости на придвижване се съобразяват с условията на експлоатация.
  - Изчислено с помощта на резултати от хронометрирани тестове за функционална пригодност е, че използването на тримодулната машина за бране на рози позволява нарастване на производителността на труда два и повече пъти. Ефектът от механизиранието на брането на цвета на маслодайната култура може да е по-висок, ако работната машина бъде комплектована с розоберачи с опит и мотивация. Комбинацията „квалифицирани розоберачи – оптимална скорост на движение на беритбения агрегат“ създава условия в рамките на допустимия за бране времеви диапазон ежедневно да се събира цвета от площ с размери 12-17 декара (1,2-1,7 ha/day) в пиковите периоди на розобера и над 20-25 дка (2,0-2,5 ha/day) в извън пикови периоди.

## **Раздел 6. Изследване върху механизиранието бране на цвета на маслодайна роза**

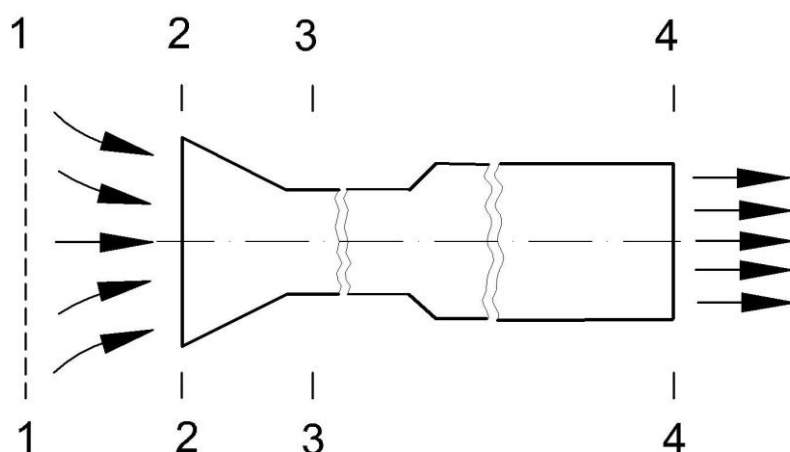
Събирането на цвета от насаждения с маслодайна роза се извършва ръчно от векове. Сложността за механизирание на най-трудоемката операция от технологичния процес при отглеждането на маслодайната култура се свързва с изискването за запазване на начина за отделяне на розовия цвят от растението и с необходимостта за прилагане при брането на диференциран подход по отношение на розовите цветове.

Научното изследване бе проведено с цел дефиниране на метод за механизирание бране на цвета на маслодайна роза, обосноваване параметрите и компановане на техническо средство за неговото прилагане.

Идейният замисъл за механизирание бране на маслодайна роза бе откъсването на розовите цветове да се реализира от розоберача дистанционно, посредством подходящо техническо средство, което да му позволява да достигне до всеки разцъфнал цвят върху храста при сведен до минимум контакт с шиповете по розовите стъбла, жилещи насекоми и други съпътстващи беритбената операция проблеми. Разработката включваше теоретични и експериментални изследвания, които се предшестваха от или се провеждаха паралелно с определянето по експериментален път на параметри и показатели, необходими за реализиране на основните изследвания.

### **Теоретични изследвания върху механизираното бране на цвета на маслодайна роза**

Теоретичните изследвания за механизиране брането на цвета на маслодайна роза бяха предшествани от предварителни експериментални изследвания, при които е доказана невъзможността единствено с помощта на вакуум венечните листа на всички подлежащи за бране цветове да бъдат отделени от техните чашки. Разработена и експериментално доказана е функционалната пригодност на вакуумно-механична схема, послужила за основа за формулирането на метод за механизирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението чрез пневматично засмукване на цвета и механично отрязване на цветната дръжка под чашката. Базирайки се на разработения метод е компановано техническо средство (наричано по-нататък още „откъсващ модул“), на което са определени параметрите на работната среда (налягането и дебита на въздушния поток, преминаващ през засмукващия и изходящия отвори), осигуряващи неговата функционалност (фиг. 6.1).



Фиг. 6.1.  
Схема на откъсващ  
модул за определяне  
на параметрите на  
работната среда,  
осигуряващи  
функционалността му

Стойностите на двата параметъра са изчислени с помощта на теоретични зависимости от „Механиката на флуидите“ и резултати от експериментални изпитвания. Дебитът, осигуряващ необходимите условия за работа на откъсващия модул, е изчислен на базата на уравнението за непрекъснатост на потока. За тръбопровод с кръгло сечение дебитът на въздушния поток в  $i\text{-}mo$  напречно сечение на откъсващия модул е изчислен по формулата:

$$Q_i = V_i \cdot S_i = V_i \cdot \frac{\pi \cdot D_i^2}{4}, \quad (6.1)$$

където:  $Q_i$  е дебитът на въздушния поток в  $i\text{-}mo$  напречно сечение на откъсващия модул,  $m^3/s$ ;

$S_i$  - площта на  $i\text{-}mo$  напречно сечение на откъсващия модул,  $m^2$ ;

$V_i$  - скоростта на въздушния поток в  $i\text{-}mo$  напречно сечение,  $m/s$ ;

$D_i$  - диаметърът на  $i\text{-}mo$  напречно сечение на откъсващия модул,  $m$ ;

$\pi$  - Лудолфовото число,  $\pi \approx 3,1416$ .

Приемайки че откъсващият модул, зоната с розовите цветове пред него и зоната със съда за събиране на откъснатите цветове зад него лежат в една равнина и са елементи от една токова линия, балансът на енергията в означените на фиг. 6.1 сечения е представен с помощта на уравнението на Бернули, известно като „интеграл на Бернули за потенциални установени течения на идеален несвиваем флуид“. Промените във височината на разположение на елементите от токовата

линия са отчетени като незначителни и гравитационният член в уравнението на Бернули е пренебрегнат. За точките от сечението в зоната с розовите цветове „1-1“, от сеченията на входа „2-2“, в най-тесната част „3-3“ и на изхода „4-4“ на откъсващия модул от токовата линия на фиг. 6.1 общият вид на уравнението е следния:

$$\frac{\rho \cdot V_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} + p_2 = \frac{\rho \cdot V_3^2}{2} + p_3 = \frac{\rho \cdot V_4^2}{2} + p_4, \quad (6.2)$$

където:  $\rho$  е плътността на въздуха,  $\text{kg/m}^3$ . Стойността  $\rho$  за района на Розовата долина през периода на розобера е в границите  $1,20 - 1,25 \text{ kg/m}^3$ ;

$V_1 \dots V_4$  са скоростите на въздушния поток в дефинираните сечения,  $\text{m/s}$ ;

$p_1 \dots p_4$  - стойностите на налягането на въздушния поток в дефинираните сечения,  $\text{Pa}$ .

Налягането на входа на откъсващия модул ( $p_2$ ) е определено с помощта на уравнението на Бернули за точките от токовата линия в сеченията „1-1“ и „2-2“ на фиг. 6.1. Предвид обстоятелството, че сечението „1-1“ се намира далеч от засмукващия отвор на откъсващия модул, т.е. въздухът е несмутен и  $V_1=0$ , а налягането е равно на атмосферното ( $p_a$ ), следва:

$$p_2 = p_a - \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \quad (6.3)$$

Вторият член на уравнение (6.3) отразява понижаването на налягането под атмосферното и може да бъде приет като показател, оценяващ потенциалите на откъсващия модул да реализира първата фаза (вакуумното засмукване) от двуфазната вакуумно-механична схема за отделяне на цвета от розовото растение.

Налягането на въздушния поток в зоната с най-малък диаметър на отвора по дължината на откъсващия модул ( $p_3$ ) е изчислено с помощта на зависимост, изведена на базата на уравнението на Бернули за точките от токовата линия в сечението „2-2“ и сечението „3-3“. Скоростта на въздушния поток в сечението „3-3“ се извежда от формулата за непрекъснатост на потока (6.1):

$$V_3 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_3^2} \quad (6.4)$$

След замествания за изчисляване на налягането на въздушния поток в най-тесната зоната на откъсващия модул е получена зависимостта:

$$p_3 = p_a - \frac{8 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D_3^4} \cdot Q^2 \quad (6.5)$$

Информацията за налягането  $p_3$  и скоростта на въздушния поток  $V_3$  разкрива случващото се във вътрешността на откъсващия модул и може да послужи за оптимизиране на неговите конструктивни параметри, с цел повишаване на ефективността му при работа.

Зависимост за изчисляване на налягането на въздушния поток на изхода от откъсващия модул ( $p_4$ ) е изведена, като уравнението на Бернули за две точки от една токова линия е приложено по отношение на сеченията „3-3“ и „4-4“:

$$p_4 = p_3 + \frac{\rho}{2} \cdot (V_3^2 - V_4^2) \quad (6.6)$$

Стойността за  $p_4$  е ориентир за изпълнението на условията за ефективна работа на откъсващия модул. Тя трябва да е по-голяма от тази на входа на откъсващия модул, за да позволява извеждане на откъснатия цвят, и в същото време не особено голяма, за да не поврежда недопустимо неговата цялостност.

Формулите (6.1) – (6.6) показват, че за изчисляване на параметрите, характеризиращи работната среда на входа и изхода на откъсващия модул, освен величините  $D_i$ ,  $\rho$ ,  $p_a$  (които за даден конкретен случай могат да бъдат приети за постоянни) е достатъчно да се знае скоростта на въздушния поток на входа ( $V_2$ ) и

изхода ( $V_4$ ) на модула. Стойностите на двете скорости, които да гарантират функционалността на откъсващия модул, са определени експериментално в лабораторни условия, като за целта е комплектована опитна установка.

Проведените тестове показаха, че при скорости под 10 m/s въздушният поток е слаб или недостатъчно стабилен за реализиране на пневмо-механично отделяне на цвета от розовото растение. Анализът на получените резултати определи, че провеждане на беритбената операция би осигурила скорост на въздушния поток в границите 13,75 – 17,4 m/s, което даде основание посоченият интервал да бъде използван в последващите изчисления.

С помощта на изведените зависимости (6.1) – (6.6) и получените при експерименталните изпитвания скорости на въздушния поток от препоръчения за работа интервал са изчислени стойностите на параметрите на работната среда (дебит и налягане на въздушния поток) в откъсващия модул, които биха осигурили условия за откъсване на цвета и изнасянето му извън модула. За варианта на откъсващ модул с диаметър на засмукващия отвор  $\varnothing 46$ , диаметър в най-тесната част  $\varnothing 36$  и вътрешен диаметър на отвеждащата част  $\varnothing 50$  дебитът на въздушния поток варира в границите 80 – 100 m<sup>3</sup>/h. Стойността, с която трябва да се понижи налягането на входа на откъсващия модул под атмосферното, за да се осигурят необходимите условия за увличане на цвета към вътрешността на модула, е в интервала 115 – 185 Pa. Ниските стойности на засмукване показаха, че определящият фактор за реализация на откъсването на цвета е не силата на вакуума, а дебитът на въздушния поток, осигуряващ предвижването на цвета през откъсващия модул. Установеният факт е важен при подбора на създаващ вакуума пневмоагрегат.

Резултатите от теоретичните изследвания и проведените тестове в лабораторни условия с откъсващ модул за пневмо-механично бране на маслодайни рози дадоха основание да се дефинира метод за механизирано бране на маслодайни рози.

**ПНЕВМО-МЕХАНИЧЕН МЕТОД ЗА МЕХАНИЗИРАНО БРАНЕ НА МАСЛОДАЙНИ РОЗИ** - *метод за механизирание брането на цвета в насаждения с маслодайна роза, при който розовият цвят се отделя от храста чрез пневматично засмукване на цвета с механично отрязване на цветната дръжка под чашката и се предвижва от въздушен поток до мястото за събиране.*

**Експериментално изследване на техническо средство за откъсване на цвета от розовото растение**

На базата на пневмо-механичния метод за механизирано бране на маслодайни рози е компановано техническо средство, което да осигури реализиране на беритбената операция в съответствие с утвърдената в розопроизводството практика за откъсване на целите цветове. За определяне на параметрите на техническото средство е изградена опитна установка. Проведени са тестове, по резултатите от които са определени оптималната конфигурация на засмукващия крайник, мястото на монтиране на режещия елемент, диаметрите и дължините на тръбопроводите в комплекта на засмукващия модул с един и два цветоотделителя и др., както и са идентифицирани стойностите на вакуума, осигуряващи успешно и без прекъсване отделяне на разцъфналите цветове от розовото растение в различни експлоатационни условия. Оптималните стойности на параметрите и основните изисквания при изработването на елементите на техническо средство за откъсване на розов цвят са представени в табл. 6.1.

Идентифицирани са стойностите на вакуума, които създават условия за отделяне на разцъфналите цветове от розовото растение без или с минимално усилие от страна на берача, без засмукване на намиращите се около тях листа и

неразтворени пъпки и без недопустимо нараняване на събираната продукция. За техническо средство (откъсващ модул), състоящо се от цветоотделител (обща дължина 450 mm) с накрайник с диаметър на засмукващата повърхност  $\varnothing 36$  и от пневмопровод с вътрешен диаметър  $\varnothing 50$  и дължина 500 mm, при работа с един и два цветоотделителя те са съответно: при работа с един цветоотделител – 3,5...4,0 kPa; при работа с два цветоотделителя 8,0...8,5 kPa.

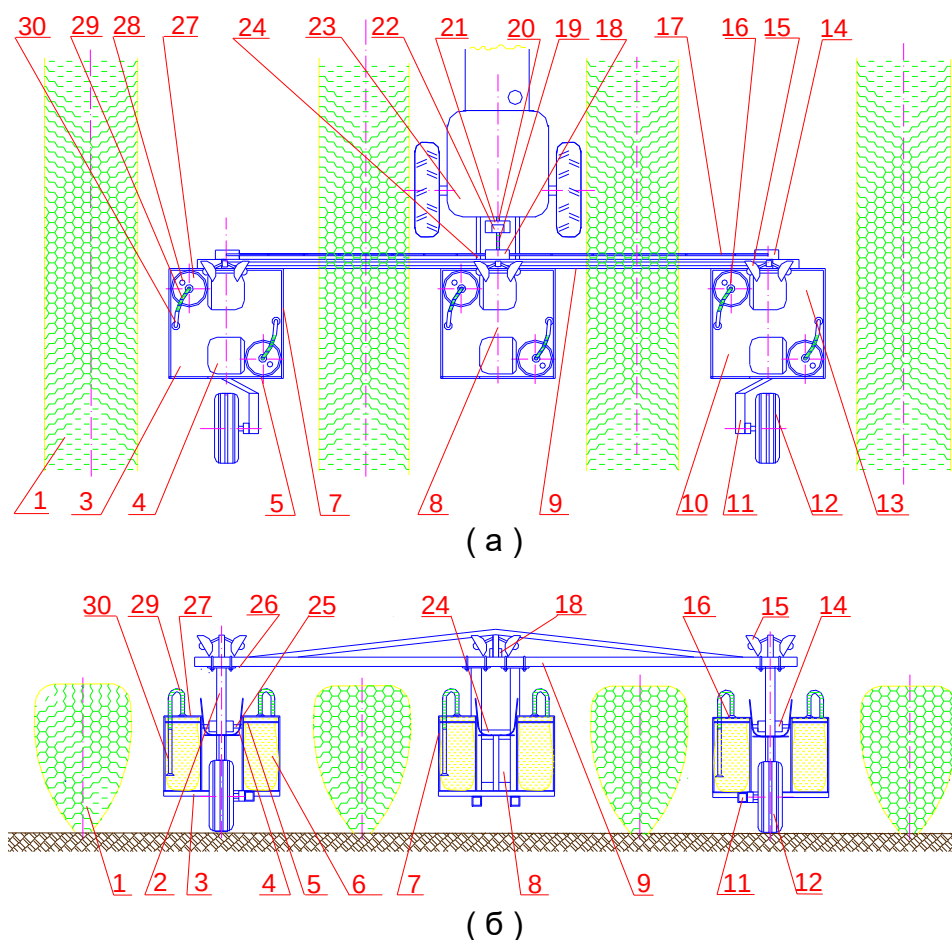
Таблица 6.1.

Технически данни и изисквания към елементите на техническо средство за откъсване на цвета на маслодайна роза

| Наименование на елемента          | Технически данни                                                  |                                                            | Изисквания                                                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | Конструктивен параметър / Експлоатационен показател               | Оптимални стойности                                        |                                                                                                                              |
| Засмукващ накрайник               | - форма;<br>- диаметър на засмукващата повърхност.                | дъга 75-90°<br>$\varnothing 36 - \varnothing 40$ mm        | Лек, с гладка вътрешна повърхност, с демонтируем режещ елемент                                                               |
| Цветоотделител                    | - обща дължина                                                    | 400 - 450 mm                                               | Лек, ергономичен                                                                                                             |
| Пневмопровод на засмукващия модул | - тип;<br><br>- вътрешен диаметър;<br>- дължина.                  | <br><br>$\varnothing 40 - \varnothing 50$ mm<br><br>500 mm | Гъвкав, лек, с гладка вътрешна повърхност                                                                                    |
| Режещ елемент                     | - ширина на режещата част;<br>- ъгъл на заточване на режещия ръб. | 5 - 10 mm<br><br>до 12°                                    | Едностранно заточен и закален. Разположен по периферията на засмукващия накрайник със заточената част на режещия ръб навътре |
| Вакуумен модул (вакуумпомпа)      | - тип;<br>- работен вакуум.                                       | до 30 kPa                                                  | - нисковакуумен                                                                                                              |

**Идеен проект на тримодулна земеделска работна машина за механизирани брането на цвета в насаждения с маслодайна роза с пневматично откъсване на розовия цвят**

Получените резултати в изследването върху механизирани откъсването на цвета на маслодайна роза дават възможност тримодулната машина за бране на цвета в насаждения с маслодайна роза (вж. Раздел 5) да бъде реализирана във вариант със система за пневматично откъсване на розовия цвят, с което да се подобрят условията на труд и ускори беритбения процес. На базата на техническото средство за откъсване на цвета от розовото растение (откъсващия модул) е разработена пневматична система за откъсване и транспортиране на разцъфналия розов цвят до съда за неговото събиране. Идеен проект на тримодулната машина за бране на рози с монтирана върху нея пневматична откъсващо-транспортираща система е представен на фиг. 6.2.



Фиг. 6.2. Идеен проект на тримодулна работна машина за механизирани брането на маслодайна роза с пневматично откъсване на цвета  
 а - поглед отгоре; б - поглед отзад.

1 – ред с розови храсти; 2 – Г-образна рама; 3 – товарна платформа; 4 – седалка за берача; 5 – стойка за сменяемия съд; 6 – сменяем съд за набраната продукция; 7 – защитен парапет; 8 – работен модул; 9 – носеща рама; 10 – задно работно място; 11 – конзолна конструкция; 12 – ходово колело; 13 – предно работно място; 14 – секционен разпределител; 15 – осветителни тела; 16 – пневматична откъсващо-transportираща система; 17 – секционен вакуумпровод; 18 – централен разпределител; 19 – централен вакуумпровод; 20 – вал за отвеждане на мощност; 21 – вакуум-помпа; 22 – вакуумен регулатор; 23 – теглителна машина; 24 – триъгълна стойка; 25 – съдов вакуумпровод; 26 – крепежен възел; 27 – херметизиращ капак; 28 – предпазен клапан; 29 – цветоотделителен вакуумпровод; 30 – цветоотделител.

Пневматичната откъсващо-transportираща система (16) се състои от вакуум-помпа, цветоотделители, пневмопровод, разпределители, регулатор, присъединителни елементи и предпазни устройства. Вакуум-помпата (21) създава необходимия вакуум в системата за реализиране на откъсването на розовия цвят, а разположения до нея регулатор (22) позволява да се настрои стойността му, съобразно конкретните условия. Вакуум-помпата (21) се задвижва от вала за отвеждане на мощност (20) на трактора и се монтира в непосредствена до него близост. Централен вакуумпровод (19) свързва вакуум-помпата (21) с централен разпределител (18), секционни вакуумпровод (17) свързват централния

разпределител (18) със секционни разпределители (14), а съдови вакуумопроводи (25) свързват секционните разпределители (14) със сменяемите съдове (6). Върху всеки един от сменяемите съдове (6) е поставен херметизиращ капак (27) с вграден в него предпазен клапан (28) и захванат цветоотделителен вакуумопровод (29), който от своя страна свързва херметизиращия капак (27) с управляемия от берача цветоотделител (30). Пневмопроводите, свързващи вакуум-помпата (21) с централния разпределител (18) и цветоотделителите (30) със съдовете за съхраняване на откъснатите розови цветове (6), са гъвкави, като останалите могат да бъдат и недеформируеми.

Беритбената операция с използването на пневматичната откъсващо-транспортна система протича по следния начин: Всеки от розоберачите насочва своя цветоотделител (30) към разцъфнал розов цвят. Създаденият от вакуум-помпата (21) вакуум, достигнал до засмукващата част на цветоотделителя (30) през цялата верига от разпределящи и свързващи елементи на откъсващо-транспортната пневматична система (16), откъсва с помощта на режещия елемент на засмукващия крайник на цветоотделителя (30) розовия цвят под чашката и по цветоотделителния вакуумопровод (29) го транспортира до сменяемия съд (6) за набраната продукция. При запълване на сменяемите съдове (6) с розов цвят, те се подменят с празни. Предпазните клапани (28) не допускат деформация на съда за събиране на розовия цвят при инцидентно повишаване на вакуума в системата.

***Изследване върху възможността за използване потенциалите на пневматичната система на земеделски трактор при брането на цвета в насаждения с маслодайна роза***

Регистрираните ниски стойности на вакуума, необходим да засмучи и наведе до режещия ръб розовия цвят за неговото механично отрязване и отделяне от стъблото на маслодайното растение, дадоха основание да се търсят и други пътища за създаването му. Анализирайки известните в науката и практиката начини за получаване на вакуум, е издигната хипотезата, че за целта би могло да се използват потенциалите на пневматичната система на земеделски трактор.

Следвайки последователността в създаването на технически средства за земеделската практика са проведени теоретични изследвания и експериментални изпитвания, при които е разработена принципиална схема на пневматична откъсваща уредба, чиято практическа приложимост е потвърдена експериментално в лабораторни условия, подготвена е опитна установка, с помощта на която са определени основни конструктивни и работни параметри, осигуряващи условия за откъсване на цвета и пренасянето му до съда за неговото временно съхраняване. Изработени са опитни образци на пневматични откъсващи модули с възможност за използване на състен въздух от тракторна пневматична система.

Експерименталното изпитване за проверка на възможността за използване потенциалите на пневматичната система на земеделски трактор е извършено през розоберния период на 2019 г. в експериментално-производствената база на ИРЕМК в гр.Казанлък. Асемблиран е опитен образец на МТА на базата на варианта за бране на рози на многофункционалната машина. Базовият модул, окомплектован за ръчно бране на розов цвят, е съоръжен с два пневматични откъсващи модула.

Тестовите за оценка на удобството при работа с пневматичните откъсващи модули показаха, че размерите на цветоотделителя и отвеждащата тръба напълно удовлетворяват изискването за достигане до всеки разцъфнал цвят от обслужваната от берача зона на розовия храст. Констатирана е задоволителна за практиката лекота при работа с цветоотделителите. Надеждно се оказа техническото решение

за фиксиране на отвеждащия накрайник на пневматичния откъсващ модул към стойката на съда за съхраняване на събирания розов цвят.

Тестовите за оценка на функционалната пригодност на пневматичната откъсваща уредба за работа със захранване от пневматичната система на трактора установиха, че от стартовото положение, при което налягането на сгъстения въздух в пневматичната система е със стойност равна или близка до граничната, поддържана от регулатора на налягането, всеки от откъсващите модули осигурява отделянето от розовото растение и транспортирането до съда за временно съхраняване само на няколко розови цвята. Независимо от възможността за импулсно пускане на сгъстен въздух, след няколкократното задействане на спирателното пневмоустройство следваше понижаване на налягането в пневмосистемата от 0,6 – 0,7 МПа до стойности, които бяха недостатъчни да бъде създаден във вакуум-образователя вакуум, способен да увлече във вътрешността на засмукващия накрайник разцъфналия цвят за неговото механично отделяне от розовото растение. Падаше и скоростта на въздушния поток, което затрудняваше пренасянето на вече откъснати цветове до съда за тяхното временно съхраняване. За реализиране на последващо откъсване на цветове следваше период на изчакване за нарастване на налягане на въздуха в системата над 0,3 МПа.

Получените резултати дадоха основание да се формулира изводът, че *тракторната пневматична система не е в състояние да осигури необходимите условия за пневматично бране на розовия цвят без прекъсване*. Като главни могат да бъдат назовани две причини:

- I-ва причина – невъзможността налягането на въздуха, осигурявано от компресора на тракторната пневматична система, да бъде поддържано постоянно в нужните за реализиране на вакуумно-механичното откъсване граници;
- II-ра причина - недостатъчен (при приетата отворена система на работа на откъсващата уредба) обем на въздушния резервоар на тракторната пневматична система за осигуряване продължително време на необходимото количество въздух за откъсване на цвета и неговото транспортиране до мястото за временно съхраняване.

#### **Основни резултати, изводи и препоръки от раздел 6**

- Доказана по експериментален път е невъзможността единствено с помощта на вакуум да се отделят венечните листа от чашките на всички подлежащи на събиране розови цветове, както и да бъдат откъснати самите цветове от маслодайното растение.
- Дефиниран на базата на разработена двуфазна вакуумно-механична схема е метод за механизирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението. Приложимостта на метода е доказана по експериментален път.
- Разработена е пневматична откъсващо-транспортираща система за съоръжаване на тримодулната машина за механизирано брането на цвета в насаждения с маслодайна роза, с което се осигурява възможност с работната машина да се реализира пневматично откъсване на цвета от розовите храсти.
- Дефиниран е пневмо-механичен метод за механизирано бране на маслодайни рози, в съответствие с който розовият цвят се отделя от храста чрез пневматично засмукване на цвета с механично отрязване на цветната дръжка под чашката и се предвижва от въздушен поток до мястото за събиране. Прилагането на метода осигурява реализиране на беритбената операция в съответствие с утвърдената в розопроизводството практика за откъсване на целите цветове. Очакванията от метода са подобрени условия на труд, понижени разходи за бране, повишена производителност.

- Разработена е обща компоновка на откъсващ модул, комплектован на основата на пневмо-механичния метод за механизирано бране на маслодайни рози. Установени са видът, размерите и конфигурацията на елементите на цветоотделителя, осигуряващи ергономична работа при брането на розов цвят. Изчислени по аналитико-експериментален път са стойностите на параметрите на работната среда (дебит и налягане на въздушния поток) в откъсващия модул, които биха осигурили условия за откъсване на цвета и изнасянето му извън модула без недопустимо нараняване. Формулирани са изисквания при изработването на съставните елементи на откъсващия модул за осигуряване на максимална ефективност в процеса на работа.
- Установено е, че при приетата отворена система на работа на откъсващата уредба тракторната пневматична система не е в състояние да осигури необходимите условия за пневматично бране на розовия цвят без прекъсване. Идентифицирани са главните причини за това, формулирани са препоръки и разработени технически решения за неутрализирането им.

### **Раздел 7. Разработване на земеделска работна машина за пневматично бране на маслодайна роза**

Прибирането на цвета от розовите насаждения е операцията от технологичния процес, която осмисля всички дейности и разходи, реализирани при отглеждането на маслодайна роза. Провежда се при изключително неблагоприятни условия и изисква наличието на значителен трудов ресурс. Брането на розовия цвят се извършва ръчно, основно от берачи с невисока квалификация и опит, което определя ниската производителност на технологичната операция.

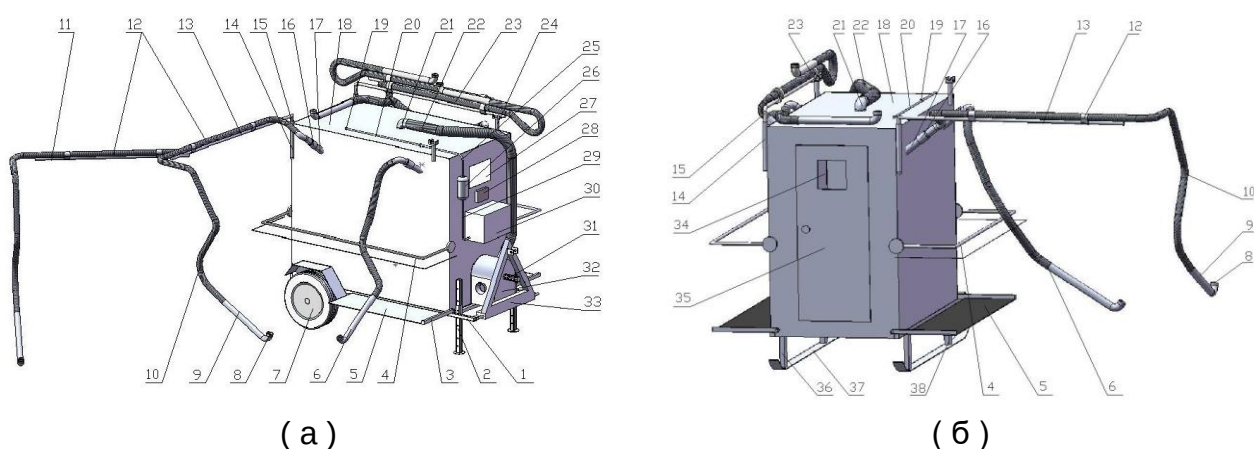
Научното изследване бе проведено с цел създаване на земеделска работна машина за пневматично бране на цвета на маслодайна роза в розопроизводителните стопанства, която да позволява подобряване на условията на труд и повишаване на ефективността на технологичната операция. Разработката имаше аналитико-експериментален характер и включваше провеждането на теоретични и експериментални изследвания.

#### **Теоретични изследвания за разработване на земеделска работна машина за пневматично бране на цвета на маслодайна роза**

Идейният замисъл на земеделска работна машина за пневматично бране на цвета на маслодайна роза в розопроизводителните стопанства (наричана оттук нататък още „машина за бране на рози“ и означавана съкратено „МБР“) бе да се използват потенциалите на вакуума за откъсване на цвета и транспортирането му до съд за събиране и временно съхраняване. В основата на откъсването на цвета е заложен методът за механизирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението, в съответствие с който отделянето на цвета от розовото растение се реализира в резултат на пневматично засмукване на цвета и механично отрязване на розовата дръжка под чашката. Идейният проект за техническо решение на машината за бране на рози (фиг. 7.1) е разработен, отчитайки параметрите на розовите храсти в етапа на розоберния период, най-прилаганите технологични схеми за формиране на насаждения с маслодайната култура (с ширина на междуредията 2,8 m, 3,0 m, 3,2 m), изискванията към габаритите на работния инвентар за движение в междуредията и присъединителните елементи за неговото агрегиране към земеделски трактори, спецификата на беритбената дейност в розови насаждения, условията за безопасна работа на обслужващия персонал и други фактори.

Земеделската работна машина за пневматично бране на маслодайна роза включва основна рама (1) с оформена в предната ѝ част триточкова стойка (33) за

агрегатиране към земеделски трактор и прикрепени направляващо-фиксиращи елементи за подвижни опори (2). От горната страна на основната рама (1) е монтиран общ съд (18) за събраните розови цветове, а от долната ѝ страна е захваната опорно-ходова част (38). Централно отгоре към общия съд (18) е прикрепен дъгообразен накрайник (21) за присъединяване на централния пневмопровод (22), който с другия си край е свързан към вакуум-помпа (32), задвижвана механично от тракторен ВОМ или хидро-механично от хидросистемата на трактора чрез хидромотор. По надлъжните страни на общия съд (18) са разположени модулни накрайници (17) с вакуумни регулатори (16) за откъсващите модули (6) и (12) на пневматичната откъсваща система (23). Вътрешното му пространство е съоръжено с подвижни стойки за сменяеми съдове за събиране на розов цвят. Достъпът до него е чрез херметизираща врата (35).



Фиг. 7.1. Идеен проект за техническо решение на земеделска работна машина за пневматично бране на маслодайна роза

а - с опорно-ходова част с ходови колела и подвижни опори за шест розоберача;  
б - с опорно-ходова част с опорни плъзгачи във вариант за четири розоберача.

1 – основна рама; 2 – подвижна опора; 3 – работно място за розоберач върху машината; 4 – защитен парапет; 5 – подвижна стъпенка; 6 – откъсващ модул за розоберач върху машината; 7 – ходово колело; 8 – режещ елемент; 9 – цветоотделител; 10 – модулен пневмопровод; 11 – външна секция; 12 – откъсващ модул за самопредвижващ се розоберач; 13 – вътрешна секция; 14 – секционна опора; 15 – модулен носач; 16 – вакуумен регулатор; 17 – модулен накрайник; 18 – общ съд; 19 – разпръскващо устройство; 20 – оросителна система; 21 – дъгообразен накрайник; 22 – централен пневмопровод; 23 – пневматична откъсваща система; 24 – модулен фиксатор; 25 – разпределителен тръбопровод; 26 – водна помпа; 27 – преден остъклен отвор; 28 – електронна система за управление; 29 – помпена тръбна връзка; 30 – хидравличен съд; 31 – задвижващ накрайник; 32 – вакуум-помпа; 33 – триточкова стойка; 34 – заден остъклен отвор; 35 – херметизираща врата; 36 – носеща конструкция; 37 – опорен плъзгач; 38 – опорно-ходова част.

Всеки от откъсващите модули (6) и (12) на пневматичната откъсваща система (23) включва цветоотделител (9) с режещ елемент (8), разположен в близост до ръба на засмукващия му отвор, и модулен пневмопровод (10), с който е присъединен към модулен накрайник (17) от общия съд (18). Откъсващите модули на самопредвижващите се розоберачи (12) са разположени върху шарнирно

закрепени към общия съд (18) модулни носачи (15). Всеки модулен носач (15) е двусекционен и с възможност за завъртане в хоризонталната равнина около оста на секционната си опора (14), с която е закрепен към общия съд (18), и за фиксиране с модулен фиксатор (24) върху общия съд (18). Външната му секция (11) е шарнирно присъединена към вътрешната секция (13) и е с възможност за преместване по нейната дължина, независимо завъртане в хоризонталната повърхност и демонтиране. На фиг. 7.1 единият от модулните носачи с откъсващи модули е в работно положение, а другият в транспортно.

Работните места на розоберачите върху машината (3) са обособени по двете ѝ надлъжни страни. Включват подвижна стъпенка (5) и защитен парапет (4), които са захванати шарнирно съответно към основната рама (1) и общия съд (18) и са с възможност за хоризонтално позициониране при работа и изправено фиксиране при транспорт.

Оросителната система (20) включва водна помпа (26), на която входът е свързан чрез помпена тръбна връзка (29) с хидравличен съд (30), а изходът чрез разпределителен тръбопровод (25) с разпръскващи устройства (19). Водната помпа (26) е електрическа със захранване от ел.системата на трактора. Разпръскващите устройства (19) и датчик за влажност от електронна система за управление (28) са позиционирани във вътрешността на общия съд (18). Сигналите от датчика за влажност са знак за управляващия блок от електронната система за управление (28) за включване и изключване на ел.захранването на водната помпа (26), която чрез разпределителния тръбопровод (25) подава вода към разпръскващите устройства (19) за контролирано оросяване на вътрешното пространство в общия съд (18).

Опорно-ходовата част (38) е с възможност за изпълнение в два варианта, като включва носеща конструкция (36) и опорни елементи. Опорните елементи са опорни плъзгачи (37) или ходови колела (7) с подвижни опори (2). Носещата конструкция (36) е захваната към долната страна на основната рама (1). Конструктивното ѝ изпълнение е съобразено с вида на опорните елементи.

#### ***Експериментално изследване на земеделска работна машина за пневматично бране на маслодайна роза***

Експерименталното изследване включваше изработване на опитен образец на машината за бране на рози и изпитването му за конструктивна здравина, функционална пригодност и ефективност при работа. Опитният образец е комплектован от стандартни изделия и оригинални елементи и възли. Изпитван е в лабораторни и полеви условия. В лабораторни условия са проведени тестове за проверка на конструктивната здравина на МБР, реализирани са изпитвания за удостоверяване на функционалността на изпълнителните модули и извършени настройки за осигуряване на тяхната ефективна работа, определени са параметри на спомагателните модули, влияещи на изходните показатели на основните.

Експерименталното изпитване на машината за бране на рози в полеви условия е осъществено в състава на машинно-тракторен агрегат, формиран на базата на малогабаритен земеделски трактор Kubota GL220. За реализиране на тестовете са комплектовани три нейни варианта:

- едноредов вариант (МБР-1) – МБР с 4 работни места, всички разположени върху машината;
- двуредов вариант (МБР-2) – МБР с 4 работни места, 2 от които са разположени върху машината и 2 са за самопредвижващи се розоберачи;
- триредов вариант (МБР-3) – МБР с 6 работни места, 2 от които са разположени върху машината и 4 са за самопредвижващи се розоберачи.

Експерименталните изпитвания за функционална пригодност на вариантите на машината за бране на рози са реализирани през розоберния период на две

поредни години (2020 г. и 2021 г.) в землището около гр.Крън. Насаждението, в което са проведени тестовите, бе с правоъгълна форма с площ 12 дка (1,2 ha), а редовете с розови храсти с дължина 186 m, разположени по направление „изток-запад“. Розовите храсти с *Rosa damascena* Mill бяха с добре оформени корони в активноцвetoдаващ етап на възрастово развитие на маслодайните растения. Добре поддържана бе и опорната повърхност в междуредиата. Тестовите са осъществени в различни периоди на изцъфтяване на розовия цвят в насаждението.

Машината за бране на рози е изпитвана в серия от тестове при движение на беритбения МТА в двете посоки на разположение на розовите храсти в насаждението. Изпитванията са проведени като вакуум-помпата е задвижвана с определената в предварителните изследвания за „оптимална“ III-та степен на ВОМ, а скоростният режим на тракторния двигател е избран в границите на диапазона от минимален ( $n_{дв}=n_{min}$ ) до  $n_{дв}=1200 \text{ min}^{-1}$ , съобразно постъпателната скорост на МТА, която може да бъде реализирана в конкретните условия. За оценка на експлоатационните показатели на МБР са анализирани резултатите от тестовите, провеждани след установяване на оптималните режими на работа на беритбения МТА. Паралелно с резултатите от тестовите на МБР са записвани данни, отнасящи се до събирането на цвета в насажденията от берачите по традиционния ръчен начин за бране на маслодайната роза.

Експерименталните изпитвания през 2020 г. са проведени като машината за бране на рози е комплектована с 4 работни места. Първоначално тестовите са реализирани с едноредовия вариант МБР-1 (фиг. 7.2.а).



( а )



( б )

Фиг. 7.2. Експериментално изпитване в полеви условия на машината за бране на рози, комплектована с четири работни места  
(а) едноредов вариант МБР-1 (б) двуредов вариант МБР-2

В изпитването участваха берачи без всякакъв опит в машинното бране и с различен опит в ръчното бране на розов цвят. Периодът на изпитването се характеризираше с голямо количество разцъфнал цвят. Събраният цвят от последно проведените тестове с продължителност над 1,5 часа (93 min) бе 37,4 kg, който отнесен към площта, от която беше събран, представляваше 33,5 kg от декар ( 335 kg/ha). Средната скорост на технологичната операция (с отчитане на временните престои) бе 240 m/h (0,24 km/h). Реализираната при тестовите средна производителност на беритбения МТА бе 720 m<sup>2</sup>/h (0,072 ha/h).

През първия ден на тестовите на двуредовия вариант МБР-2 (фиг. 7.2.б) количеството цвят, подлежащ на събиране, беше значително по-малко. Събраният цвят от последните тестове с продължителност 60 min бе 22 kg, който отнесен към площта, от която бе събран, представляваше 19,7 kg от декар (197 kg/ha).

Изчислената на базата на регистрираните при тестовете данни часова производителност на МТА, формиран на базата на МБР-2, бе  $1116 \text{ m}^2/\text{h}$  ( $0,1116 \text{ ha/h}$ ) при средна скорост на движение от едва  $186 \text{ m/h}$  ( $0,186 \text{ km/h}$ ).

На следващия ден от изпитванията на МБР-2 разцъфналият цвят в розовото насаждение визуално беше повече от предния ден. Събраният цвят от тестове с продължителност почти 3 часа ( $172 \text{ min}$ ) бе  $52,2 \text{ kg}$ , който отнесен към площта, от която бе събран, представляваше  $23,4 \text{ kg}$  от декар ( $234 \text{ kg/ha}$ ). Изчислената на базата на всички тестове средна скорост на технологичната операция бе  $260 \text{ m/h}$  ( $0,26 \text{ km/h}$ ), а реализираната часова производителност от беритбения МТА -  $1557 \text{ m}^2/\text{h}$  ( $0,1557 \text{ ha/h}$ ).

Експерименталните полеви изследвания на машината за бране на рози през 2021 г. са първоначално проведени отново с двуредовия вариант МБР-2, комплектован с розоберачи, двама от които не бяха участвали в тестовете през предната година. Изпитванията са осъществени по прилаганата предната година методика, като по-голямата част от тях бяха с активирана оросителна система.

Количеството разцъфнали розови цветове в насаждението в първия ден от изпитванията беше близко до пиковото за розоберния период. Събраният цвят от тестове с продължителност  $72 \text{ min}$  беше  $30,1 \text{ kg}$ , който отнесен към площта, от която бе събран, представляваше  $26,9 \text{ kg}$  от декар ( $269 \text{ kg/ha}$ ). Наличието на неопитни берачи, загубата на „опит“ в боравенето с цветоотделителите и др. фактори наложиха нееднократно спиране на движението на беритбения МТА. Изчислената средна скорост на технологичната операция  $155 \text{ m/h}$  ( $0,155 \text{ km/h}$ ) е оценена като особено ниска, дори и поради факта, че бе съимерима с реализираната от берачите, събиращи ръчно розов цвят ( $145 \text{ m/h}$ ). Определената часова производителност на беритбения агрегат бе  $930 \text{ m}^2/\text{h}$  ( $0,093 \text{ ha/h}$ ).

Тестове на следващ ден от експерименталните изпитвания на МБР-2 са проведени при движение на беритбения МТА с по-високи скорости. Основание бе по-малкото количество разцъфнал цвят в насаждението, както и очакванията за по-ефективна работа на участващите в теста берачи. Събраният цвят от последния тест с продължителност  $44 \text{ min}$  беше  $12,8 \text{ kg}$ , който отнесен към площта, от която бе събран, представлява  $22,4 \text{ kg}$  от декар ( $224 \text{ kg/ha}$ ). Възвърналите се умения на розоберачите да оперират с цветоотделителите позволиха да бъде постигната по-висока от предния ден средна скорост -  $253,6 \text{ m/h}$  ( $0,254 \text{ km/h}$ ). Констатирано бе от участващи в тестовете и контролиращи тяхното провеждане на наличие на значителни резерви за ускоряване провеждането на технологичната операция, вкл. и за сметка на повишаването на личната отговорност на берачите. Реализираната часова производителност на беритбения МТА бе  $1522 \text{ m}^2/\text{h}$  ( $0,152 \text{ ha/h}$ ).

При последващ тест (проведен повече като контролен) е реализирано движение на беритбения МТА с поэтапното му ускоряване. На участъци с дължини в границите на  $30 - 35 \text{ m}$  скоростта 4-кратно е повишавана, като времето за движение при всяка нова скорост и изминатото разстояние са измервани и записвани. Следено е за успеваемостта на берачите в събирането на всички разцъфнал цвят. Анализът на получените резултати показва, че пълноценен беритбен процес може да бъде реализиран при движение на МТА с 1,5 пъти по-висока постъпателна скорост ( $380 \text{ m/h}$ ), като и това не е предел при наличие на квалифицирани берачи и установен синхрон в тяхната работа.

Полевото изпитване на триредовия вариант на машината за пневматично бране на рози (фиг. 7.3) е реализирано през 2021 г. МБР-3 е изпитана за функционална пригодност в комплектация с 5 берача, от които двама върху машината и трима самопредвижващи се. Събраният цвят от тест с продължителност  $44 \text{ min}$  беше  $14,5 \text{ kg}$ , който отнесен към площта, от която бе събран, представлява

10,4 kg от декар (104 kg/ha). Средната скорост на технологичната операция се запази - 253,6 m/h (0,254 km/h), но бяха констатирани възможности за нейното повишаване. Реализираната при тестовите часова производителност от МБР-3 с пет розоберача, прибиращи цвета едновременно от два и половина реда с розови храсти, за 44 min бе 1900 m<sup>2</sup>/h (0,19 ha/h). Преизчислена за ситуацията при комплектоване на МБР-3 с шест розоберача, часовата производителност на беритбения агрегат би била 2280 m<sup>2</sup>/h (0,228 ha/h), което е напълно достатъчно за прибиране на наличния в деня на изпитването розов цвят в насаждението в рамките на времеви интервал, гарантиращ получаването на качествена продукция.

Основният извод от изпитването на МБР-3 е, че ускоряването на движението на беритбения МТА, възможностите за което са значителни, и комплектоването на работната машина с еднакви по сръчност и професионално отношение берачи са реалните стъпки за повишаване на производителността до нива, които ще позволят с една МБР-3 ежедневно в рамките на допустимия часови диапазон да се прибира продукцията от насаждения с площ 15 и повече декара (1,5 ha), вкл. и в пиковия етап на цъфтеж на маслодайната култура.



Фиг. 7.3. Експериментално изпитване в полеви условия на триредовия вариант на машината за бране на рози

Резултатите от изпитването на трите варианта на машината за бране на рози (МБР-1, МБР-2 и МБР-3) са трудни за съпоставяне, поради различните условия през дните на експерименталното изследване – нееднакво количество разцъфнал розов цвят, липса на умение у берачите да боравят с цветоотделителите при първите тестове и повишаването му в различна степен у тях при всеки следващ тест, неустановена съгласованост между трите фактора „количество разцъфнал розов цвят – опит на розоберачите – постъпателна скорост на движение на беритбения МТА“ и др. Същото важи и за съпоставимостта на резултатите от тестовите на един и същ вариант (двуредовия МБР-2) в различни дни от неговото изпитване. Единственото непроменящо се по време на тестовите бе времето за маневри в края на насаждението, което благодарение на компактността на работната машина и високия професионализъм на тракториста не надхвърли 30 s.

Неоспорим факт, констатиран през всичките дни на експерименталното изпитване бе, че количеството машинно събран розов цвят от единица площ е по-голямо от това при ръчно бране. Визуално това бе видно и при сравняване на участъците в насаждението с различен начин на бране – в редовете, където брането

бе извършвано с МБР, подлежащи за откъсване цветовете, останали в храстите, на практика, липсваха. Като причина за наличието на разлика при двата вида бране (машинно и ръчно) може да бъде изтъкнат фактът, че събиращите механизирани цвѳта могат безопасно да откъснат всеки цвят, дори и такъв, който ръчно събиращите пропускат или поради невъзможност да достигнат до него, или давайки приоритет на своята безопасност в случай на контакт с бодлите по розовите стѳбла и с жилещи насекоми, или по други причини.

Наблюдението за изменението на влажността в общия съд на машината за бране на рози под действието на повишаващата се дневна температура и преминаващия през съда въздушен поток в течение на розоберния период за деня установи, че понижаването на влажността за период от 45 min може да достигне 34% дори в умерено влажна околна среда. Проведените тестове на беритбения МТА с активирана оросителна система показаха, че е напълно възможно да се поддържа влажността в общия съд и да не се допуска изсушаване на розовия цвят. Триминутно пръскане осигуряваше нарастване на влажността с 10%, а пръскане с продължителност 1-1,5 min през определени интервали беше достатъчно за поддържане на влажността в общия съд в диапазона 80-85%, приет като оптимален за запазване на състоянието на набрания розов цвят в количествен и качествен аспект.

#### ***Основни резултати, изводи и препоръки от раздел 7***

- Разработена, изработена и изпитана е земеделска работна машина за пневматично бране на цвѳта от насаждения с маслодайна роза. Откъсването на цветовете се реализира от розоберачите дистанционно с откъсващи модули, с които розовият цвят се отделя от храста чрез пневматично засмукване на цвѳта с механично отрязване на цветната дръжка под чашката и се предвижва от вакуумен въздушен поток до мястото за събиране.
- Машината за бране на рози позволява три варианта на формиране с работни места (едноредов, двуредов, триредов) и шест варианта на комплектоване с розоберачи в зависимост от количеството на разцѳфналия цвят, условията на експлоатация, наличните в деня на бране розоберачи.
- Машината за бране на рози допуска съоръжаване с два вида опорно-ходова система (с опорни плъзгачи или с ходови колела) и изработване в навесен или полунавесен вариант, което осигурява условия за присъединяването ѝ към трактори с товароносимост на навесните системи, съизмерима и по-ниска от нейната експлоатационна маса.
- Лабораторните изпитвания за конструктивна здравина на машината за бране на рози доказаха, а полевите изпитвания потвърдиха правилността на избора за техническо решение, на използваните стандартни изделия и оригинални елементи и възли за изработването ѝ.
- Анализирани са темповете на промяна на влажността в общия съд на машината за бране на рози под действието на повишаващата се дневна температура и преминаващия през съда въздушен поток в течение на розоберния период за деня. Доказана е възможността чрез използване на оросителна система да се поддържа постоянна влажност в общия съд по време на работа в границите 80 – 85%, с цел запазване в количествено и качествено отношение на събрания цвят и съдържашото се в него етерично масло.
- Експерименталните полеви изпитвания на машината за бране на рози удостовериша функционалната ѝ пригодност за използване в розопроизводителната практика. Установени са и опитно доказани предимствата на машинното бране пред традиционното ръчно – по-добри

условия на труд за берачите, пълно прибиране на подлежащия за бране за деня розов цвят, по-висока производителност. Определени са основните фактори, от които зависи ефективността на машината за бране на рози при експлоатация, а именно: състоянието на розовото насаждение; количеството разцъфнал розов цвят; квалификацията на розоберачите. Намирането на баланс между тях осигурява производителност, с която машинно-тракторен агрегат, формиран на базата на триредова машина за пневматично бране на рози, в рамките на определения часови диапазон да прибира продукцията от насаждения с площ 15 и повече декара (1,5 ha), вкл. и в пиковия етап на цъфтеж на маслодайната култура.

### **Раздел 8. Разработване на земеделска работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза**

Резитба в насаждения с маслодайна роза се извършва през всички етапи на отглеждане на маслодайното растение. Провеждането ѝ в ново насаждение цели първоначално формиране на здрави розови храсти, а в цветодаващо насаждение - осигуряване на необходимите условия за постигане на високи добиви от качествен розов цвят. Всички резитби в розови насаждения (без селективната) позволяват пълна механизация на технологичната операция. Общият недостатък на използваните в розопроизводството технически средства за резитба освен тясноспециализираното им предназначение е, че изрязаната растителна маса остава в реда с розовите растения. Извличането ѝ в междуредието за нейната понататъшна обработка се извършва ръчно при значителни разходи на труд и време.

Научното изследване бе реализирано с цел създаване на земеделска работна машина за провеждане на всички резитбени операции за формиране на височината и изрязване близо до основата на храстите в насаждения с маслодайна роза с едновременно изнасяне на изрязаната растителна маса в междуредието. Разработката имаше аналитико-експериментален характер и включваше провеждането на теоретични и експериментални изследвания.

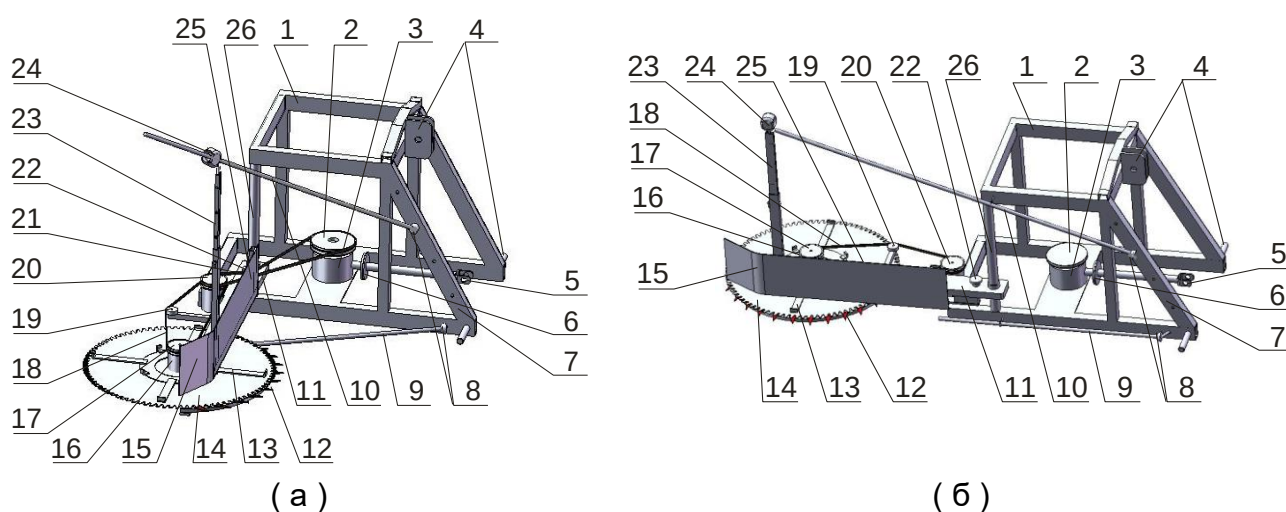
### **Теоретични изследвания за разработване на земеделска работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза**

Отчитайки морфологичните особености на маслодайната роза, спецификата на резитбената дейност в розови насаждения и произтичащите от това изисквания към енергетичното средство, което да може да бъде използвано при съставяне на резитбен машинно-тракторен агрегат, е разработен идеен проект за техническо решение на земеделска работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза, наричана оттук нататък още „*машина за резитба на рози*“ и означавана „*MPP*“ (фиг. 8.1).

Машината за резитба на рози включва основна рама (1), резитбен модул (25), горна (10) и долна (9) насочващи щанги. Основната рама (1) е с оформена в предната ѝ част триточкова стойка (4) за агрегатирание към земеделски трактор. Разположен централно върху нея е ъглов редуктор (3). Към изходящия вал на редуктора е прикрепена задвижващата ремъчна шайба (2) от двустъпална ремъчна предавка (16), а към входящия му вал са присъединени предпазен съединител (6) с карданен удължител (5). Въртящите се елементи на двустъпалната ремъчна предавка, както и карданният удължител с предпазния съединител са обезопасени със защитни капаци (на фиг. 8.1 не са показани). Насочващите щанги са присъединени посредством шарнирни връзки (8) към основната рама (1) и прикрепени посредством шарнирни опори (24) към резитбения модул (25). И двете щанги са с възможност за позициониране и фиксиране в непосредствена близост до основната рама. Горната насочваща щанга (10) е с възможност за регулиране по

височина и наклон с помощта на регулируемата опора (23) и отворите в наклонената греда (7) на основната рама (1).

Машината за резитба на рози е навесен тип работен инвентар за използване в условията на земеделското производство след агрегатирането ѝ към земеделски трактор. Размерите на присъединителните елементи от триточковата стойка (4) на работната машина трябва да кореспондират със съответните от навесния механизъм на трактора. В транспортно положение (фиг. 8.1.б) резитбеният модул (25) е позициониран зад основната рама (1). Фиксира се в работно положение (фиг. 8.1.а) като се завърта около носещата ос на въртене (26). Позицията му по отношение на опорната повърхност се наглася безстепенно с помощта на навесната система на трактора в зависимост от изискваната височина на резитба. Насочващите щанги се фиксират в позиции, които осигуряват тяхното функционално предназначение.



Фиг. 8.1. Идеен проект на работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза

а - в работна позиция; б - в позиция за транспортиране

1 - основна рама; 2 - задвижваща ремъчна шайба; 3 - ъглов редуктор; 4 - триточкова стойка; 5 - карданен удължител; 6 - предпазен съединител; 7 - наклонена греда; 8 - шарнирна връзка; 9 - долна насочваща щанга; 10 - горна насочваща щанга; 11 - носеща греда; 12 - палцев контранож; 13 - перков чистач; 14 - режещ диск; 15 - защитна преграда; 16 - двустъпална ремъчна предавка; 17 - задвижвана ремъчна шайба; 18 - задвижващ ремък на второ стъпало; 19 - опъваща ролка на второ стъпало; 20 - двуканална ремъчна шайба; 21 - задвижващ ремък на първо стъпало; 22 - опъваща ролка на първо стъпало; 23 - регулируема опора; 24 - шарнирна опора; 25 - резитбен модул; 26 - носеща ос на въртене.

При движение на машинно-тракторния агрегат, формиран с МРР, в междуредието на розовото насаждение режещият диск (14) се намира над обработвания ред с храсти. Постъпателната скорост на МТА е съобразена с изискванията на технологичната операция. Режещият диск (14) получава своето въртливо движение посредством двустъпалната ремъчна предавка (16) от ъгловия редуктор (3), входящият вал на който чрез предпазния съединител (6) с карданныя удължител (5) и карданна предавка е свързан с ВОМ на трактора или чрез хидродвигател, задвижван от хидравличната система на трактора. Насочените от горната и долната насочващи щанги розови стъбла попадат между палците на палцевия контранож (12), който осигурява опора за отрязването им от режещия диск

(14). Перковият чистач (13) насочва изрязаната растителна маса в междуредието. Защитната преграда (15) подбира останалите върху режещия диск (14) растителни остатъци и с помощта на горната насочваща щанга (10) ги избутва извън обработвания ред. Височината на рязане се наглася в зависимост от етапа на вегетационно развитие на розовото насаждение и вида на резитбената операция.

За транспортиране на машината за резитба на рози горната и долната насочващи щанги се освобождават от шарнирните опори (24) и се захващат към основната рама (1). Ремъкът (21) от двустъпалната ремъчна предавка (16) се демонтира. Резитбеният модул (25) се завъртва около носещата ос на въртене (26) и се фиксира в транспортно положение (фиг. 8.1.б).

По разработения идеен проект за машина за резитба на рози, използвайки програмния продукт *Solid Works*, е построен имитационен 3-D модел. С негова помощ чрез компютърно моделиране са идентифицирани местата на възникване и пресмятани стойностите на напреженията и деформациите в конструкцията на МРР от действащите външни сили, на базата на които са определени основни конструктивни размери на машината и материалите за изработването ѝ, изчислени са нейните конструктивна маса и координати на ц.м. в работно и транспортно положение (табл. 8.1). Стойността на коефициента на сигурност на конструкцията, чиито елементи са изработени с определените като оптимални материали и профили, е  $FOS=2,748$ , което напълно удовлетворява изискванията за осигуряване на нейната конструктивна здравина в условията на розопроизводителната практика.

Таблица 8.1.

Масови параметри на машината за резитба на рози

| Параметър                        | Единица за измерване | Стойност |
|----------------------------------|----------------------|----------|
| Конструктивна маса               |                      |          |
| - в работно положение            | kg                   | 194,62   |
| - в транспортно положение        | kg                   | 194,0    |
| Координати на центъра на масите: |                      |          |
| - в работно положение            |                      |          |
| по надлъжната ос „z“             | mm                   | -737,5   |
| по напречната ос „x“             | mm                   | -345,1   |
| по вертикалната ос „y“           | mm                   | 197      |
| - в транспортно положение        |                      |          |
| по надлъжната ос „z“             | mm                   | -966,3   |
| по напречната ос „x“             | mm                   | -96,4    |
| по вертикалната ос „y“           | mm                   | 196,4    |

В конструкцията на МРР е заложена възможност за резитба на височина до 160 cm, покриваща провеждането на всички видове вертикални резитби на розови храсти. Хидро-механичното задвижване на режещия диск осигурява позициониране на резитбения модул на МРР на височини в целия резитбен диапазон. С по-опростеното чисто механично задвижване чрез тракторния BOM се реализират резитби до 110 cm, каквито са по-голямата част от прилаганите при грижите в насаждения с маслодайна роза.

Проверка на възможността за безопасна работа на резитбения МТА е извършена на базата на определените масови параметри на МРР (табл. 8.1) и данни от техническата характеристика на малобааритния трактор Kubota GL220. Влиянието на МРР върху безопасността на резитбения МТА по време на работа е

оценена с устойчивостта му срещу странично преобръщане. На равнинни терени устойчивостта на резитбения МТА е гарантирана, т.к. напречната координата на ц.м. на МРР (345 mm) е в границите на напречната база на трактора. Устойчивостта на резитбения агрегат при работа на наклонени терени е оценена с ъгъла на динамична напречна устойчивост ( $\beta_{dyn}$ ). Ъгълът  $\beta_{dyn}$  е определян по данни за граничния статичен ъгъл на напречна устойчивост ( $\alpha_{st}$ ) при резитби на височини в диапазона 0 – 160 cm за двата възможни варианта на позициониране на трактора по отношение на изрязваните розови храсти: от горната им страна срещу склона и от долната им страна по склона.

Анализът на резултатите от теоретичните изследвания за оценка влиянието на МРР върху безопасността на работа показва, че на равнинни и с наклон до 3° терени резитбеният МТА (независимо как е разположен трактора по отношение на розовите храсти) запазва необходимата устойчивост за реализиране на резитби на височина в целия резитбен диапазон (от нула до 160 cm). Не влияе на безопасността разположението на резитбения модул и при движение с ниски постъпателни скорости на терени с наклон до 9 - 10°, когато се извършват резитби, близки до основата на розовите храсти (до 30 - 35 cm). На всички терени, на които е допустима експлоатацията на базовите варианти на универсалните трактори (с наклон до 10°), движението на МТА напречно на склона с изнесен резитбен модул срещу склона е напълно безопасно и позволява изпълнението на резитбите, прилагани при отглеждането на маслодайната култура.

Оценката на ефекта от разширяването на напречната база на трактора върху устойчивостта на резитбения МТА при височини на резитба в диапазона 0 - 160 cm показва, че с наличните технически средства е реализуемо тя да бъде повишена почти до два пъти, с което да се разширят възможностите за работата на резитбения МТА на терени с по-големи наклони.

Получените резултати за страничната устойчивост на резитбения МТА, съставен на базата на малогабаритен трактор, са основание да се приеме, че машината за резитба на рози може да бъде агрегатирана и работи безопасно и с универсални трактори от средна мощност, които са с по-широки напречни бази и не по-ниска устойчивост, и също намират широко приложение в розопроизводството.

#### ***Експериментални изследвания на земеделска работна машина за резитба в насаждения с маслодайна роза***

Експерименталното изследване включваше изработване на опитен образец на работната машина за резитба на рози и изпитването му за конструктивна здравина, функционална пригодност и ефективност при работа.

Конструктивната здравина (коравина) на машината за резитба на рози е изпитана както в процеса на изработване на основни нейни възли, така и след окончателното ѝ асемблиране. Без нито един регистриран факт, компрометиращ здравината на конструкцията, протекоха тестове в полеви условия на работната машина.

Тестовите за оценка на функционалната пригодност за работа в реални условия на машината за резитба на рози са реализирани през есента на 2020 г. и пролетта на 2021 г. в насаждения с маслодайна роза в землища около гр.Казанлък и гр.Трън. Работната машина бе агрегатирана към земеделски трактор Kubota GL220, доказал при теоретичните изследвания своята приложимост за съставяне на резитбен МТА. Проведени бяха серии тестове в стопанства с розови насаждения с площ от 0,4 до 15,0 ha с различна форма и дължини на редовете, етапи на вегетационно развитие на розовите растения, наклон и профил на опорната повърхност. Състоянието на насажденията, в които се състояха тестовите, беше от отлично поддържани до почти изоставени, в т.ч. без проведени почвообработки и др.

задължителни грижи за растенията, буйна растителна маса, вкл. и с неприбран розов цвят. Реализирани бяха резитби и на участъци с денивация между съседни редове, достигаща до 50 - 60 cm. С помощта на навесната система на трактора МРР бе позиционирана на разстояние от почвената повърхност, осигуряващо необходимата височина на розовите храсти след резитбата. Проведени бяха резитби до граничната за розови насаждения стойност 160 cm. При височина на рязане в диапазона 30 - 110 cm (фиг. 8.2), които са най-често прилаганите от розопроизводителите при реализиране на грижите за маслодайното растение, задвижването на режещия диск на резитбения модул бе механично чрез BOM на земеделския трактор, а при височини на рязане над посочения диапазон - хидромеханично.



( а )



( б )

Фиг. 8.2. Полеви изпитвания на машината за резитба на рози  
а – резитба на височина 110 cm; б – резитба на височина 30 cm

Параметрите и показателите, контролирани по време на тестовете, са: честотите на въртене на колянвия вал на тракторния двигател, BOM и режещия диск; постъпателната скорост на МТА; дължината на изрязваните редове и времето за тяхната резитба. Наблюдение се водеше за успеваемостта за отрязване на всичката подлежаща за отстраняване растителна маса, състоянието на повърхността в мястото на срязване на розовите стъбла, устойчивостта на движение на резитбения МТА.

Полевите опити са осъществени при скорости на движение на резитбения агрегат в диапазона 0,5 – 8,4 km/h, които са характерни за изпълняваните при трайните насаждения технологични операции. Желаната постъпателна скорост бе постигана както чрез промяна на предавките в предавателната кутия на трактора, така и за сметка на работата на тракторния двигател на частични режими. Варирайки с честотата на въртене на колянвия вал на тракторния двигател и скоростните режими, осигурявани от BOM, са провеждани серии от тестове за установяване на оптималните условия на работа на режещия диск.

Тестовете в полеви условия са реализирани в два етапа с двата вида задвижване. С определените като оптимални настройки и работни режими са проведени тестове за оценка на производителността на МРР при характерни за розопроизводителната практика експлоатационни условия. Стойностите на извадковото средно на съставените с получените през I-я етап резултати вариационни редове, които биха били полезни за практиката, са представени в табл. 8.2.

Таблица 8.2.

Обобщени резултати от експерименталното изпитване на машината за резитба на рози

| Експлоатационни условия  |                             | Вид на резитбената операция    | Експлоатационни показатели |                            |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Розови храсти            | Опорна повърхност           |                                | Постъпателна скорост, km/h | Производителност, ha/смяна |
| в нови насаждения        | добре поддържани междуредия | Горно кастрене                 | 5 - 6                      | 4,5 – 5,5                  |
| в нови насаждения        | лошо поддържани междуредия  | Горно кастрене                 | 2 - 3                      | 2,5 – 3,0                  |
| в цветодаващи насаждения | добре поддържани междуредия | Резитба на височина 100-110 cm | 4-5                        | 3,0 – 4,2                  |
| в цветодаващи насаждения | лошо поддържани междуредия  | Резитба на височина 100-110 cm | 2 - 3                      | 2,0 – 3,0                  |
| в цветодаващи насаждения | добре поддържани междуредия | Резитба на височина 70-80 cm   | 3 - 4                      | 2,5 – 3,5                  |
| в цветодаващи насаждения | лошо поддържани междуредия  | Резитба на височина 30-40 cm   | 0,5 – 1,5                  | 1,0 – 2,0                  |

Функционалната пригодност на резитбения МТА за резитби на по-големи височини е оценена през II-я етап след комплектоването на МРР с елементите за осъществяване на хидро-механично задвижване на режещия диск от резитбения й модул. Извършена е резитба на разделяща съседни полета ивица, състояща се от шипкови храсти с прораснали в тях млади дръвчета. С помощта на навесната система на земеделския трактор МРР е позиционирана на разстояние от почвената повърхност 150-160 cm. Тестовите са реализирани при постъпателни скорости на резитбения МТА в диапазона 4-5 km/h и честоти на въртене на колянвия вал на двигателя около 1200 min<sup>-1</sup>, с което е осигурен оптимален работен режим на режещия диск. Получените резултати доказаха работоспособността на МРР и в тази по-сложна от горното кастрене на розови храсти ситуация. Констатирано е, че безпроблемно се отрязват стъбла на растения с диаметри 40-50 mm, превишаващи значително определения като максимален за основната маса розови стъбла размер 25 mm. Установени са отрези на млади дръвчета с диаметри, достигащи 60 mm. Набелязани бяха мерки за оптимизиране на параметрите на режещия диск, в посока намаляване на конструктивната му маса и себестойността на изработка.

Освен при самостоятелна работа на машината за резитба на рози, тестове с нея са проведени и с агрегатирано към предната част на трактора приспособление от палцев тип за реализиране на странична резитба на храстите. Установено бе, че съвместната работа на двете работни машини не само не влоши показателите на резитбения МТА, но подобри условията на работа на тракториста и повиши ефекта на резитбената операция.

Проведеното експериментално изследване позволи формулирането на препоръки, отчитането на които биха повишили ефективността от използването на

работната машина за резитба на рози в розопроизводителната практика и в храстовидни насаждения, отглеждани без поддържащи конструкции.

#### **Основни резултати и изводи от раздел 8**

- Разработена, изработена и изпитана е земеделска работна машина за провеждане на всички резитбени операции за формиране на височината и изрязване на храстите близо до основата с едновременно изнасяне на изрязаната растителна маса в междуредията на насажденията с маслодайна роза.
- Обосновани чрез компютърно моделиране са основни конструктивни и експлоатационни параметри на машина за резитба на рози, в т.ч.: габаритните ѝ размери, осигуряващи свободно движение и работа на формирования на нейна основа резитбен МТА в насаждения с маслодайна роза; конструктивната ѝ маса в размер под 200 kg, позволяваща агрегатиране вкл. и към земеделски трактори от вид „малки“; височина на резитба до 160 cm, каквато е максималната, прилагана в розопроизводителната практика.
- Удостоверена по експериментален път е здравината на конструкцията на машината за резитба на рози. Конструктивни изменения по време на изпитванията от действието на външни фактори, които да дискредитират изпълнението на нейните функции, не са констатирани.
- Доказана при полеви изпитвания е функционалната пригодност на машината за резитба на рози да реализира резитби в целия резитбен диапазон, вкл. и на наклонени терени с денивация между съседни редове от 50 cm и повече, както и предимството ѝ пред аналогичните по предназначение работни машини да оставя изрязаните храсти чисти от растителни остатъци след нейното преминаване.
- Определена при експлоатационни изпитвания е средна сменна производителност в диапазона 3 – 4 ha/смяна на резитбения машинно-тракторен агрегат, формиран на основата на машината за резитба на рози, като е отчетено влиянието на условията на експлоатация върху нейното нарастване или понижаване. Разработени са препоръки за повишаване ефективността на използване на машината за резитба на рози в розопроизводителната практика.

### **III. ПРИНОСИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

#### **III-1. С оригинален характер**

**III-1.1.** Дефинирано е понятието **„научно изследване в инженерната земеделска практика“**, като *„идейно, кадрово и икономически обоснован комплекс от дейности за създаване на нови или усъвършенстване на съществуващи технически средства за механизирани технологични операции при отглеждането и прибирането на земеделска продукция“* и са обобщени методическите основи на инженерните изследвания в земеделската практика.

**III-1.2.** Разработена е класификация на розопроизводителните стопанства в Република България по критерия **„използвана земеделска площ“** и определени оптималните енергетични средства за механизирано отглеждане на маслодайната култура във всяко едно от тях.

**III-1.3.** Обоснована теоретично и проверена експериментално е двуфазна вакуумно-механична схема, комбинираща пневматично засмукване на цвета и механично отрязване на цветната дръжка под чашката, на базата на която е дефиниран метод за механизирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението.

**III-1.4.** Дефиниран е пневмо-механичен метод за механизизирано бране на маслодайни рози, в съответствие с който розовият цвят се отделя от храста чрез пневматично засмукване на цвета с механично отрязване на цветната дръжка под чашката и се предвижва от въздушен поток до мястото за събиране.

**III-1.5.** Разработени, изработени и изпитани са два варианта на работна земеделска машина за ръчно бране на маслодайна роза, които позволяват откъсване на разцъфналия цвят и транспортиране в редовете на розовите насаждения на берачите и събраната от тях продукция по време на розобера. Доказани експериментално са оптималността на конструктивното решение, здравината и функционалната пригодност на машините за работа при различни схеми на присъединяване към навесната система на трактора, заемано от берачите положение (прави/седнали) върху товарните платформи, брой и разпределение на берачите върху товарните платформи, наличие на опорни ходови колела и др. Определени са оптималните условия за тяхната експлоатация за реализиране на производителност на труда два и повече пъти по-висока от традиционното немеханизирано ръчно бране на розовия цвят.

**III-1.6.** Разработена на базата на пневмо-механичния метод за бране на маслодайни рози, изработена и изпитана е земеделска работна машина за пневматично бране на цвета от насаждения с маслодайна роза. Доказани експериментално са конструктивната здравина и функционалната пригодност на всичките три варианта за комплектоване на работната машина (едноредов МБР-1, двуредов МБР-2, триредов МБР-3). Определени са основните фактори, от които зависи ефективността на машината при експлоатация, а именно: състоянието на розовото насаждение, количеството разцъфнал розов цвят; квалификацията на розоберачите. Удостоверена е приложимостта на машината за пневматично бране на рози при работа с различен (четен и нечетен) брой берачи, комплектоването ѝ с берачи с различна квалификация, опериране на берачите с по два цветоотделителя. Посочени са пътища за постигане на производителност с МТА, формиран на базата на триредовия вариант на машината, която позволява в рамките на времеви диапазон от 5:00 до 10:00 часа да се прибира продукцията от насаждения с площ 15 и повече декара (1,5 ha), вкл. и в пиковия етап на цъфтеж на маслодайната култура.

**III-1.7.** Базирайки се на модулния принцип за формиране на техниката, в два варианта на конструктивно изпълнение (навесен и полунавесен) е разработена многофункционална работна земеделска машина за реализиране в розопроизводителни стопанства на технологични операции чрез пръскане, селективна резитба, бране на розов цвят и транспортни дейности. Доказани експериментално са конструктивната здравина и функционалната пригодност на всеки от технологичните варианти на многофункционалната машина.

**III-1.8.** Разработена, изработена и изпитана е земеделска работна машина за провеждане на всички резитбени операции за формиране на височината и изрязване на храстите близо до основата с едновременно изнасяне на изрязаната растителна маса в междуредията на насажденията с маслодайна роза. Конструктивно обосновани и изпълнени в натура са два варианта за задвижване на режещия диск на резитбения модул на машината (по механичен и хидро-механичен път), като са посочени специфичните особености за използването на всеки от тях. Удостоверена по експериментален път е конструктивната здравина и функционалната пригодност на машината да реализира технологичната операция с височини на рязане до 160 cm, вкл. и на наклонени терени с денивелаия между съседни редове от 50 cm и повече, както и предимството ѝ пред аналогичните по предназначение работни машини да оставя изрязаните храсти чисти от растителни остатъци след преминаването ѝ. Определена при експлоатационни изпитвания е средна сменна

производителност в диапазона 30-40 дка (3 – 4 ha/смяна) на резитбения машинно-тракторен агрегат, формиран на основата на машината за резитба на рози, като е посочено влиянието на условията на експлоатация върху нейното нарастване или понижаване.

### **III-2. С научно-приложен характер**

**III-2.1.** Обосновани са параметрите, изработена и вградена в работна машина е универсална триточкова стойка, която позволява агрегатирането на навесни и полунавесни земеделски работни машини към навесни устройства от категории 2, 2N и 3N, утвърдени със стандарти на Международната организация по стандартизация (International Organization for Standardization - ISO), и към двата варианта на изпълнение на навесното устройство ТНУ-2 (Изпълнение А и Изпълнение Б), утвърдени със стандарти на Българския институт по стандартизация (БИС), с които се съоръжават тракторите със средна мощност - най-масово използваните в световното земеделие. Техническото решение за триточкова стойка решава проблема с липсата на стандартизирани от БИС аналози на всички типове навесни устройства, с които съоръжават своите модели със средна мощност водещите производители на земеделски трактори, като осигурява възможност за агрегатирането на всички навесни и полунавесни земеделски работни машини към навесните механизми на трактори със средна мощност, независимо от варианта на изпълнение и стандарта, по който са изработени присъединителните им елементи.

**III-2.2.** Разработена, изработена и изпитана е щангова опръскваща уредба за третиране на храстите в насаждения с маслодайна роза, изградени по трите най-широко използвани схеми за тяхното формиране (с междуредия 2,8 m, 3,0 m и 3,2 m), при реализиране на грижи за растенията чрез пръскане по време на вегетацията, такива като борба срещу болести и неприятели, листно подхранване, оросяване в сухи периоди от време и др. Определени са видът, броят и позициите на разпръсквачите върху три разновидности на опръскващата уредба (с прави и с Г-образни щанги за опръскване на два полуредя и с П-образни щанги за едновременно опръскване на два реда с розови храсти), съобразно вида, етапа на вегетационно развитие и начина на оформяне на короните на храстите в розовото насаждение.

**III-2.3.** Разработена, изработена и изпитана е щангова опръскваща уредба за третиране на зоната от почвената повърхност под короните на храстите в насаждения с маслодайна роза за реализиране на грижи за растенията чрез пръскане по време на вегетацията, свързани с борбата с плевелите, внасянето на течни коренови стимулатори, поливането на млади растения и др. Определени са ъглите на разпръскване и параметрите за позициониране на разпръсквачите върху щангите на опръскващата уредба (височина от почвената повърхност, отдалеченост от розовия храст, ъгъл на наклон към хоризонталата), гарантиращи количествено и качествено третиране на опръскваната зона от почвената повърхност в основата на храста, при два варианта за ширина на опръскваната зона (половината или цялата ширина под короната на розовия храст). Изведени са регресионни математически зависимости за прицизно определяне на ъгъла на разпръскване и наклона на разположение на разпръсквач за внасяне на хербициди, съобразно конкретните условия на експлоатация (технологичната схема на засаждане, състоянието на розовото насаждение, схемата на пръскане и др.), с оглед недопускане попадането на работна течност върху листната маса на маслодайното растение.

**III-2.4.** Разработена, изработена и изпитана е работна машина за пневматична селективна резитба в насаждения с маслодайна роза, за реализацията на която провеждащият резитбата от земята оператор, дистанционно, с минимални усилия

отрязва подлежащите за отстраняване розови стъбла и събира върху товарна платформа за последващо изнасяне извън пределите на розовото насаждение. Изчислено е, че пневматичните системи на експлоатираните в розопроизводителната практика земеделски трактори са в състояние да осигуряват със сгъстен въздух две пневматични ножици за непрекъсната селективна резитба в стопанства с насаждения с маслодайна роза. Препоръчено е за селективна резитба в розови насаждения използването на пневматични ножици, които позволяват отрязване на дървесина с диаметър до 25 mm.

**III-2.5.** Определени са конструктивни и технологични параметри (диаметричните размери за засмукващите крайници, видът и разположението на режещите елементи за вграждане в тях, стойностите на вакуума) на техническо средство, разработено на базата на метода за механизизирано отделяне на цвета на маслодайна роза от растението, които осигуряват условия за отделяне на цветовете от розовите стъбла при всеки опит за това, без засмукване на намиращите се около тях листа и неразтворени пъпки, без или с минимално усилие от страна на розоберача.

**III-2.6.** Разработено на основата на пневмо-механичния метод за бране на маслодайки рози, изработено и изпитано е техническо средство (откъсващ модул) за механизизиране откъсването и транспортиране на розовия цвят до мястото на събирането му. Установени са видът, размерите и конфигурацията на елементите на цветоотделителя на откъсващия модул, осигуряващи ергономична работа при брането на розов цвят. Изчислени са стойностите на параметрите на работната среда (дебит и налягане на въздушния поток), които биха осигурили условия за откъсване на цвета и изнасянето му извън откъсващия модул без недопустимо нараняване. Формулирани са изисквания при изработването на съставните елементи на откъсващия модул за осигуряване на максимална ефективност в процеса на работа.

**III-2.7.** Обосновани са параметрите, комплектована и изпитана е оросителна система за овлажняване на събрания розов цвят в общия съд на земеделската работна машина за пневматично бране на рози, с цел неутрализиране на изсушаващото въздействие на повишаващата се дневна температура и преминаващия през съда въздушен поток. Доказана е експериментално функционалната ѝ пригодност да поддържа постоянна влажност в границите 80 – 85%, с цел запазване в количествено и качествено отношение на откъснатия розов цвят и съдържащото се в него етерично масло.

### **III-3. С потвърдителен характер**

**III-3.1.** Констатирано е, че размерите на стопанствата в Република България, в които се отглежда маслодайна роза, се различават, както и че не е еднаква степента на механизизиране и ефективността на използваните технически средства в различните по размер розопроизводителни стопанства. Формулиран е извод, че уеднаквяване на условията за производство и повишаване на ефективността на технологичния процес при отглеждането на маслодайна роза може да бъде постигнато чрез разработване и внедряване в практиката на технически средства (работен инвентар) за механизизиране на дейности, свързани с грижите за растенията и прибирането на розовия цвят, съобразно размера на розопроизводителните стопанства и възможностите на техните стопани да инвестират в нова техника. Подходящи за внедряване в малките по размер стопанства са работни машини от тип „многофункционален“, позволяващи извършването на повече от една технологична операция, като формулата за успешния им прием в практиката е

“проста конструкция - бързо конфигуриране - надеждна работа - лесна поддръжка - приемлива цена“.

**III-3.2.** Установено е, че при съвременния начин на производство редица дейности при отглеждането на маслодайна роза са напълно механизирани, други са частично, а напълно ръчно е брането на розовия цвят, разходите за което в активно цветодаващо насаждение са около две трети от разходите за труд, а през последните години даже и от изкупната цена на събраната продукция. Задължително условие при стартиране на разработки върху създаването на технически средства за механизирание на дейности при отглеждането и брането на маслодайна роза е намирането на баланс между необходимост, възможност за реализация и икономическа целесъобразност.

**III-3.3.** Доказана експериментално е невъзможността единствено с помощта на вакуум да се отделят венечните листа от чашките на всички подлежащи на събиране розови цветове, както и да бъдат откъснати целите цветове от маслодайното растение без отрицателни последствия за самото растение, откъснатия розов цвят и съдържащото се в него етерично масло.

**III-3.4.** Установено е, че тракторната пневматична система не е в състояние при приетата отворена система за работа на откъсващата уредба за розов цвят да осигури необходимите условия за пневматично бране на маслодайна роза без прекъсване, като главните причини за това са неспособността на компресора ѝ да поддържа нужното постоянно налягане на въздуха в нея за реализиране на вакуумно-механичното отделяне на цветовете от храста и недостатъчния обем на нейния въздушен резервоар за осигуряване без спиране на необходимото количество въздух за предвижване на откъснатите цветове до мястото на тяхното събиране.

**III-3.5.** Обосновани и опитно доказани са предимствата на машинното бране пред традиционното ръчно при събиране на цвета от маслодайна роза, изразяващи се в подобрени условия на труд, намалена потребност от работна ръка, пълнота при събиране на подлежащия за бране за деня цвят, по-висока производителност.

#### **IV. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

1. Божков Сн., Бадриков Ем., Михов М, Божкова О. (2012). Обосноваване параметрите на машина за механизирание брането на цвета от маслодайна роза. Сб.доклади от XVIII-та научно-техническата конференция с международно участие "Транспорт, екология - устойчиво развитие", Варна, с. 61-71. ISBN 954-20-0003-0.
2. Божков Сн., Бадриков Ем., Станчев Ст. (2014). Универсална триточкова стойка за работни земеделски машини. Сб.доклади от XX-та научно-техническата конференция с международно участие "Транспорт, екология - устойчиво развитие", Варна, том 21, с.248-255. ISSN 2367-6299.
3. Михов М., Божков Сн., Бадриков Ем., Станчев Ст. (2015). Машина за механизирание брането на маслодайна роза с пневматично откъсване на розовия цвят. Механизация на земеделието, №1, с.19-21. ISSN 2534-8450 (online), ISSN 0861-9638 (print).
4. Божков Сн., Станчев Ст., Михов М., Бадриков Ем., Пеняшки Т., Гьорина Ц., Тодорова Т., Кабадийски К., Стефанов К., Баджелова В. (2015). Експериментално изследване на едномодулна машина за механизирание прибирането на маслодайна роза. Селскостопанска техника, № 3-4, с.43-52. ISSN 0037-1718 (print).

5. Станчев Ст., Божков Сн. (2016). Обосноваване параметрите на пневматична уредба за откъсване на цвета при бране на маслодайна роза. Сб.доклади от Международната научна конференция „Техника, технологии, образование“, с.7-19, ICTTE - 2016, Ямбол. ISSN 1314-9474 (online).
6. Bozhkov Sn., Mihov M., Badrikov E., Stanchev S. (2017). An implement for mechanization of oleaginous rose harvesting. Applied Researches in Technics, Technologies and Education, 5 (3), 159-164. ISSN 1314-8788 (print), ISSN 1314-8796 (online).
7. Божков Сн., Станчев Ст., Михов М., Пеняшки Т., Бадриков Ем., Кабадийски К., Гьорина Ц., Тодорова Т., Баджелова В., Минева Р. (2017). Експериментално изследване на тримодулна машина за механизизиране прибирането на маслодайна роза. Растениевъдни науки, 54 (1), с.73-81. ISSN 0568-465X (print) ISSN 2534-9848 (online).
8. Bozhkov S., Stanchev S., Gyorina Ts. (2017). Simulation modeling of oleaginous rose harvesting implement, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 23 (5), 873–881. ISSN 1310-0351 (print), ISSN 2534-983X (online).
9. Божков Сн., Костадинов Г., Баева Г., Дикова Б., Стоев А., Гьорина Ц. (2018). Обосноваване параметрите на многофункционална работна машина за розопроизводството. Сб.доклади от Международна конференция "ЕКО – Варна 2018", том 25, с.44-56. ISSN 2367- 6965 (online), ISSN 2367- 6299 (print).
10. Божков Сн., Бадриков Ем., Михов М., Пеняшки Т., Станчев Ст., Кабадийски К., Гьорина Ц., Тодорова Т., Баджелова В., Минева Р. (2018). Машина за прибиране на маслодайна роза. в-к „Земеделска техника“, бр.12 (681), София. с.4, 6. ISSN 0861-511X.
11. Божков Сн., Костадинов Г., Гьорина Ц. (2020). Техническо решение за пневматична селективна резитба в розови насаждения, Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 10-11 октомври 2019, София, том 1, с.78-85, ISSN 2683-0663 (online).
12. Bozhkov S., Kostadinov G., Stoev A. (2020). Parameters of Spraying System for Resource-saving and Environmentally Friendly Care in Oil-bearing Rose Plantations, Journal of Balkan Ecology, 23 (1), 21-37. ISSN 1311-0527 (print).
13. Божков Сн. (2020). Класификация на розопроизводителните стопанства в България по използвана площ и технически средства за механизация Растениевъдни науки, 57 (4), 69-77. ISSN 0568-465X (print), ISSN 2534-9848 (online).
14. Божков Сн., Гьорина Ц., Костадинов Г., Стоев А., Баева Г., Кабадийски К. (2020). Машина за рози многофункционална (2020). в-к „Земеделска техника“, бр.4 (723), с. 3, 4. ISSN 0861-511X.
15. Божков Сн. (2020). Многофункционална машина за розопроизводството ЗЕМЕДЕЛИЕ плюс, бр.292, с.4-5. ISSN 1310-7992.
16. Bozhkov S. (2021). Parameters of the herbicide spraying system for oil-bearing rose production. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 27 (2), 410–416. ISSN 1310-0351 (print), ISSN 2534-983X (online).
17. Bozhkov S., Kachanov A. (2021). Experimental Research of a Farm Implement for Resource-saving Pruning in Oil-bearing Rose Plantations. Journal of Balkan Ecology, 24 (3), 229-238. ISSN 1311-0527 (print).
18. Божков Сн. (2021). Розопроизводството в България и дейността на ИПАЗР „Никола Пушкин“ за повишаване на неговата машиноосигуреност. Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 27-28 октомври 2020, София, том 2, с. 15-27, ISSN 2683-0663 (online), ISSN 2738-8638 (print).

19. Божков Сн. (2021). Отглеждане на маслодайна роза – възможности и технически средства за механизация. Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 27-28 октомври 2020, София, том 2, с. 229-248, ISSN 2683-0663 (online), ISSN 2738-8638 (print).
20. Божков Сн. (2021). Резултати от изследване върху пневматично бране на маслодайна роза . Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 27-28 октомври 2020, София, том 2, с. 362-372, ISSN 2683-0663 (online), ISSN 2738-8638 (print).
21. Божков Сн. (2021). Модульная машина для розоводства. Агроинженерия, 6 (106), 43-49, Москва, Россия. ISSN 2687-1149 (print), ISSN 2687-1130 (online).
22. Божков Сн. (2022). Методически основи на инженерните изследвания в земеделската практика. Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 21-22 октомври 2021, София, том 3, с. 169-177. ISSN 2683-0663 (online).
23. Божков Сн. (2022). Разработване на машина за ресурсоспестяваща резитба в насаждения с маслодайна роза. Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 21-22 октомври 2021, София, том 3, с. 157-168. ISSN 2683-0663 (online).
24. Bozhkov S., Baeva G., Stoev A. (2022). Farm Implement for Care in Oil-bearing Rose Plantations by Spraying. Journal of Balkan Ecology, 25 (1), 41-52. ISSN 1311-0527 (print).
25. Bozhkov S. (2022). Method and Technical Means for Picking Oil-bearing Roses. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 28 (5), 804-809. ISSN 1310-0351 (print), ISSN 2534-983X (online)
26. Божков Сн. (2023). Експлоатационно-икономическа оценка на технически решения за механизирание брането на маслодайна роза. Сб.доклади от Научен форум с международно участие "Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация", 05-06 декември 2022 г., София, том 4, с. 56-65, ISSN 2683-0663 (online).
27. Patani A., Prajapati D., Singh S., Enakiev Y., Bozhkov S., Jabborova D., Joshi Ch. (2023). Beneficial effects of biochar application on mitigating the drought and salinity stress implications on plants. *Plant Science Today* (Early Access), 1-6. India, ISSN 2348-1900 (online).
28. Bozhkov S. (2024). Experimental study of an agricultural machine for pneumatic oil-bearing rose harvesting. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 30 (4). ISSN 1310-0351 (print), ISSN 2534-983X (online).

## **V. РЕЗЮМЕ (на английски и руски език)**

### **MECHANISED GROWING AND HARVESTING OF OIL-BEARING ROSE**

Author: Prof. SNEZHAN IVANOV BOZHKOVA, Ph.D., Eng.

#### **Summary**

The oil-bearing rose is one of the most significant symbols of national pride, and the essential oil extracted from the flowers of a rose grown in the Republic of Bulgaria has qualities that have given it a leadership position in the world for hundreds of years. A large part of the activities carried out in the growing of oil-bearing rose are partially mechanized or completely non-mechanized. The use of manual labor and low-performance technical means is a characteristic feature of the technological process, which to this day cannot be completely eliminated. The degree of mechanization and the efficiency of the equipment used for the purpose are not the same in different sized rose-producing farms.

The dissertation on the topic "Mechanized growing and harvesting of oil-bearing rose" is dedicated to the development of methods and technical means for the mechanization of technological operations in rose production practice. Within it, organizational forms and technological schemes are substantiated, hypotheses are raised and verified, parameters of constructive solutions are determined, methods are defined, farm machinery are created, allowing the mechanized performance of a wide range of activities related to plant care, picking rose flowers and transporting agricultural loads. Regarding plant care in rose plantations, after an analysis, the pruning operations and the spraying activities related to the pest control and the regulation of the physiological processes in the plants are set to be mechanized. The main emphasis in the dissertation research is placed on the mechanization of the only completely non-mechanized operation - the harvesting of the flowers in oil-bearing rose plantations.

Boom spraying devices for complete spraying of the rose bushes and for treating the soil surface under their crowns, agricultural machines for carrying out of selective, contour and close-to-root pruning, single-modular and three-modular farm implements for mechanizing the flowers' harvesting in oil-bearing rose plantations, a method for mechanizing the detachment of the flowers from the rose plant and a technical solution for its application, a pneumo-mechanical method for harvesting of oil-bearing roses and technical means for its implementation are theoretically substantiated and experimentally tested taking into account the morphological features of the oil-bearing culture, the type of farms and the activities carried out during its growing, the need, possibility and economic expediency of the development of technical means for the mechanization of operations of the technological process. The modular principle for creating machinery, on the basis of which four of the developed farm machines are assembled, allows them to be combined into one "multifunctional machine", which can also be used for transport activities.

A classification of rose-producing farms in the Republic of Bulgaria is developed according to the "used agricultural area" criterion, and the optimal types of power means for the mechanized growing of the oil-bearing culture in each of them are determined. On their basis, farm owners can assess the necessary, but also adequate to their capabilities, investments for the purchase of agricultural machinery, and the state executive authorities can specify the distribution of funds to support agricultural farms, according to their capabilities for effective absorption.

The parameters of a universal hitch-point triangle for farm implement are substantiated. Its use allows the attachment of mounted and semi-mounted agricultural machines to tractor three-point linkage of categories 2, 2N and 3N, confirmed by standard

of the International Organization for Standardization, and to both variants (Execution A and Execution B) of the TNU-2 linkage, confirmed with standard of the Bulgarian Institute of Standardization, all designed for medium power tractors - the most widely used in world agriculture.

A two-phase scheme combining pneumatic suction of the flower and mechanical cutting of the rose peduncle under the ovary is theoretically substantiated and experimentally verified. On its basis, a method for the mechanized detachment of the oil-bearing rose flowers from the plant is defined.

A pneumo-mechanical method for the mechanized harvesting of oil-bearing roses is defined. In accordance with it, the rose flower is detached from the bush by pneumatic suction of the flower with mechanical cutting of the rose peduncle under the ovary and is moved by an air flow to the place of collection.

Single-modular and three-modular farm implements for hand-picking oil-bearing rose flowers are developed, manufactured and tested. By transporting the pickers and their collected produce in the rows of rose plantations, each of the two machines frees the pickers from the need to self-move over the heavy (too often during the rose picking period) soil surface and to carry part of the collected produce on themselves, provides them with positions with improved visibility of the working areas, reduces contact with the spikes on the rose bushes, and generally creates better working conditions and opportunities to increase labor productivity by two or more times. A picking-transporting vacuum system is developed to be incorporated into the three-modular machine, enabling vacuum picking of the rose flowers.

An agricultural machine for pneumatic harvesting of the flowers in oil-bearing rose plantations is developed on the basis of the pneumo-mechanical method of mechanized harvesting of oil-bearing roses. The structural strength and functional suitability of all its three assembly variants (one-row, two-row, three-row) are experimentally proven. The main factors (the amount of blossomed rose flowers, the qualification of rosepickers, the speed of movement of the harvesting tractor/implement combination) on which the efficiency of the machine in operation depends are determined. Its applicability is proven when working with a different (even and odd) number of pickers, equipping with pickers with different qualifications and operating the pickers with two rose separators each. Ways to achieve with the three-row tractor/implement combination the productivity that allows within the time range from 5:00 to 10:00 to harvest the production of plantations with an area of 1,5 ha and more (including in the peak flowering stage of the oil-bearing rose) are indicated.

An agricultural machine is developed, manufactured and tested for carrying out all pruning operations to form the height and cut the bushes close to the root with simultaneous removal of the cut plant mass to the inter-rows of the oil-bearing rose plantations. Two options for driving the cutting disk of the pruning module of the machine (mechanically and hydro-mechanically) are structurally substantiated and manufactured, and the specific features for the use of each of them are indicated. The structural strength and functional suitability of the machine to realize the technological operation with cutting heights up to 160 cm, incl. and on sloping terrains with a deviation between adjacent rows of 50 cm and more, as well as its advantage over similar machines in terms of carrying out the removed plant mass in the interrows of the rose plantation are verified experimentally. Average shift productivity in the range of 3 – 4 ha/shift of the pruning tractor/implement combination formed on the basis of the rose pruning machine is determined during operational tests, and the influence of operating conditions on its increase or decrease is indicated.

Based on the results of the research, 20 original, scientifically applied and confirmatory contributions are formulated in the dissertation, 4 useful models are

registered in the Patent Office of the Republic of Bulgaria, 14 reports are presented at international and national scientific forums, 28 scientific papers are published in Bulgaria and abroad, 4 awards from international and national organizational structures are received.

## **МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ И СБОР МАСЛИЧНОЙ РОЗЫ**

Автор: проф. к.т.н. инж. СНЕЖАН ИВАНОВ БОЖКОВ

### **Резюме**

Масличная роза является одним из наиболее значимых символов национальной гордости, а эфирное масло, полученное из цветков розы, выращенной в Республике Болгарии, обладает качествами, благодаря которым оно на протяжении сотен лет занимает лидирующие позиции во всем мире. Большая часть операций, выполняемых при выращивании масличной розы, частично или полностью немеханизирована. Использование ручного труда и малопроизводительных технических средств является характерной особенностью технологического процесса, полностью устранить которую до сих пор не удастся. Степень механизации и эффективность оборудования, используемого для этой цели, неодинакова в розоводческих хозяйствах разного размера.

Диссертационная работа на тему «Механизированное выращивание и сбор масличной розы» посвящена разработке методов и технических средств механизации технологических операций в розоводстве. В ее рамках обосновываются организационные формы и технологические схемы, выдвигаются и проверяются гипотезы, определяются параметры конструктивных решений, разрабатываются методы, создается рабочий инвентарь для розоводства, позволяющий механизировать выполнение широкого спектра работ, связанных с уходом за растениями, сбором розовых цветков и перевозкой сельскохозяйственных грузов. Из работ по уходу за растениями в розовых насаждениях, после анализа, для механизации определены работы по обрезке кустов и осуществляемые опрыскиванием мероприятия, связанные с борьбой с вредителями и регулированием физиологических процессов в растениях. Основной акцент в диссертационном исследовании сделан на механизацию единственной полностью немеханизированной операции - сбора цветков масличной розы.

С учетом морфологических особенностей масличной культуры, типа хозяйств и мероприятий, проводимых при ее выращивании, необходимости, возможности и экономической целесообразности разработки технических средств механизации операций технологического процесса, теоретически обоснованы и экспериментально проверены штанговые опрыскиватели для сплошного опрыскивания кустов роз и обработки поверхности почвы под их кронами, сельскохозяйственные машины для осуществления выборочной, контурной и прикорневой обрезки, одномодульная и трехмодульная машины для механизации сбора цветков с плантаций масличных роз, метод механизации отделения цветков масличной розы от растения и техническое решение по его применению, пневмомеханический метод уборки масличных роз и технические средства для его осуществления. Модульный принцип создания техники, на основе которого собраны четыре из разработанных машин, позволяет объединить их в одну «многофункциональную машину», которую можно использовать и для транспортной деятельности.

Разработана классификация розоводческих хозяйств Республики Болгарии по критерию «используемая сельскохозяйственная площадь» и определены оптимальные энергетические средства для механизированного выращивания

масличной культуры в каждом из них. На их основе собственники фермерских хозяйств могут оценить необходимые, но и адекватные их возможностям инвестиции для приобретения сельскохозяйственной техники, а органы государственной исполнительной власти могут уточнить распределение средств на поддержку хозяйств в соответствии с их возможностями эффективного использования.

Обоснованы параметры и встроена в сельскохозяйственную машину универсальная трехточечная навеска, позволяющая агрегатировать навесные и полунавесные машины к тракторным навесным устройствам категорий 2, 2N и 3N, одобренным стандартом Международной организации по стандартизации (ИСО), и к двум вариантам навесного устройства ТНУ-2 (Исполнение А и Исполнение Б), одобренным стандартом Болгарского института стандартизации, все предназначены для тракторов средней мощности - наиболее широко используемые в мировом сельском хозяйстве.

Теоретически обоснована и экспериментально проверена двухфазная схема, сочетающая пневматическое засасывание цветка и механический срез его стебля ниже чашечки, на основе которой разработан метод механизированного отделения цветка масличной розы от растения.

Разработан пневмомеханический метод механизированной уборки масличных роз, согласно которому цветок розы отделяют от куста пневматическим засасыванием цветка с механическим срезом его стебля ниже чашечки и перемещают воздушным потоком к месту сбора.

Разработаны и испытаны одномодульная и трехмодульная сельскохозяйственные машины для ручного сбора масличных роз, транспортирующие сборщиков и собранную ими продукцию в рядах розовых насаждений. Освобождая сборщиков роз от необходимости самостоятельно передвигаться по тяжелой (слишком часто в период сбора роз) поверхности почвы и носить на себе часть собранной продукции, обеспечивая им места с улучшенным обзором рабочих зон, уменьшая контакты с шипами розовых кустов, каждая из двух машин создает лучшие условия труда и возможности повысить производительность труда в два и более раза. Вакуумная система для отрыва и транспортировки розовых цветов была разработана для оснащения трехмодульной машины.

На основе пневмомеханического метода уборки масличных роз разработана сельскохозяйственная машина для пневматического сбора цветов с плантаций масличных роз. Экспериментально доказана конструктивная прочность и функциональная пригодность всех трех вариантов ее компоновки (однорядная, двухрядная, трехрядная). Определены основные факторы (количество распустившегося розового цвета, квалификация сборщиков роз, поступательная скорость уборочного машинно-тракторного агрегата), от которых зависит эффективность рабочей машины при эксплуатации. Доказана ее применимость при работе с разным (четным и нечетным) количеством сборщиков, комплектации со сборщиками разной квалификации, работе сборщиков с двумя цветоотрывателями. Указаны способы достижения производительности с помощью трехрядного машинно-тракторного агрегата, который позволяет в интервале времени от 5:00 до 10:00 часов собирать урожай с плантаций площадью 1,5 га и более, в т.ч. в фазе пика цветения масличной культуры.

Разработана, изготовлена и испытана сельскохозяйственная машина для проведения всех операций по обрезке кустов для формирования их высоты и омоложения с одновременным удалением срезанной растительной массы в междурядьях насаждений масличной розы. Конструктивно обоснованы и реализованы в натуре два варианта привода режущего диска обрезавшего модуля машины (механический и гидромеханический) и указаны особенности использования

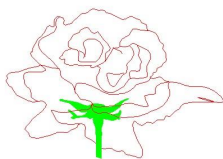
каждого из них. Прочность конструкции и функциональная пригодность рабочей машины для выполнения технологической операции с высотой обрезки до 160 см, в т.ч. и на наклонных участках с перепадом уровней между соседними рядами 50 см и более, а также его преимущество перед аналогичными рабочими машинами выносить срезанную растительную массу в междурядья розовых насаждений. В ходе эксплуатационных испытаний определена средняя сменная производительность в диапазоне 3 – 4 га/раб.смена обрезного машинно-тракторного агрегата, сформированного на базе машины для обрезки роз, и указано влияние условий эксплуатации на ее повышение или снижение.

По результатам исследований в диссертации сформулировано 20 положений, выводов и рекомендаций, отмеченных как вклад в науку, с оригинальным, научно-прикладным и подтверждающим характером, 4 полезные модели зарегистрированы в Патентном ведомстве Республики Болгарии, 14 докладов представлены на международных и национальных научных форумах, 28 научных работ опубликованы в Болгарии и за рубежом, получено 4 награды от международных и национальных организационных структур.

## **МЕХАНИЗИРАНО ОТГЛЕЖДАНЕ И БРАНЕ НА МАСЛОДАЙНА РОЗА**

Автореферат на дисертация за придобиване на научната степен  
„ДОКТОР НА НАУКИТЕ“

Автор: проф. д-р инж. СНЕЖАН ИВАНОВ БОЖКОВ  
ИПАЗР „Никола Пушкиров“  
СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ



София, България  
2023