

А. О. Кувшинов, канд. техн. наук, доцент,
М. О. Савін, канд. техн. наук
Національний науковий центр
«Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова»
e-mail: andrey6810@ukr.net

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЩЕПЛЕННЯ РОСЛИН

На підставі обґрунтування напряму удосконалення технології виготовлення омегоподібних ножів для щеплювальних пристроїв запропоновано ножі з тонкопрофільної смуги і нержавіючої сталі товщиною 0,3 мм.

Ключові слова: омегоподібний шип, копуляційний зріз, виноградна щеп, омегоподібний ніж, прищеп, підщеп.

Вступ. Більш ніж півтора століття вчені та практики розробляють та вдосконалюють різні способи з'єднання прищепи з підщепою. Найбільш відомі на сьогодні способи з'єднання компонентів виноградної щепи наведено на рис. 1. Вони відрізняються як формою, так і технологією їх виготовлення. Так шипова форма (рис. 1, в) елементів з'єднання формується фрезерними робочими органами, в яких швидкість різання становить близько 30 м/с та присутні елементи нагріву тканин чубуків. Сумарна товщина травмованих клітин живої тканини сягає до 0,6 мм.

Міцність з'єднання прищепи з підщепою до 5-7 кг на осьовий розрив досягається за рахунок натягу, коли шип дещо товщий за паз. У даному випадку поверхні як шипа, так і паза стискаються і це пригнічує регенераційні процеси під час стратифікації щеп.

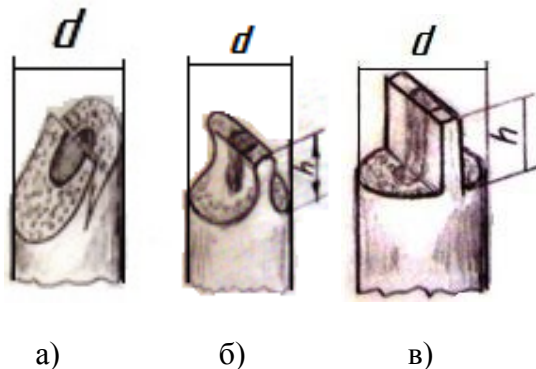


Рис. 1. Схема для розрахунку периметра зрізу чубуків:
а – коса копуліровка; б - омегоподібний шип; в - призматичний шип

Основний у минулому спосіб з'єднання на косий зріз із язичком виконується плоским лезом (рис.1, а). Клинові язички з натягом входять у надрізи, при цьому міцність з'єднання компонентів недостатня і це основний недолік такого способу щеплення.

Постановка проблеми. Омегоподібний спосіб з'єднання компонентів (рис. 1, б) відрізняється від розглянутих тим, що копуляційні поверхні шипа і паза не спричиняють тиску одна на одну, тобто цей фактор пригнічення процесу регенерації перерізаних тканин відсутній.

Механічна міцність щепи на осьовий розрив досягається за рахунок форми – діаметр голівки шипа більший за розмір його шийки. Задля цього волокна і судини шипа та паза вимушені трічі перерізатися, що серйозно ускладнює пересування поживних речовин до травмованих клітин копуляційного зрізу. До того ж це єдиний спосіб, який вимагає

з'єднувати прищепу з підщепою бічним рухом, а не осьовим, як всі інші способи щеплення.

Задача, таким чином, зводиться до обґрунтування таких геометричних параметрів омегоподібних елементів з'єднання, за яких ранева поверхня та периметр зрощування компонентів будуть мінімальними при достатній механічній міцності щеп. Окрім цього, конструкція ножа для формування омегоподібних зрізів має бути технологічною у виготовленні, а за робочим ресурсом не поступатися кращим зарубіжним аналогам.

Результати дослідження. Виготовлення виноградних щеп є складною й дуже відповідальною операцією, оскільки йдеться про хірургічну операцію на рослині. Живе вічко з частиною лози необхідно прищепити до живої підщепної лози так, щоб вони надалі зрослися і стали єдиною рослиною. Говорячи сучасною мовою треба пересадити життєво важливі органи однієї рослини на іншу рослину.

Серед багатьох обов'язкових умов успішності щеплення утворення якісного копуляційного зрізу є однією з найскладніших операцій. Копуляційний зріз має бути виконаним таким ріжучим інструментом, щоб травмування живих клітин було якнайменшим. Копуляція – це з'єднання, тобто копуляційний зріз повинен забезпечити надійне з'єднання компонентів у щепі з одного боку, а з іншого боку – дозволяти компонентам дещо розсуватися калюсом, щоб у просвітку, який утвориться, змогли формуватися сумісні з'єднувальні тканини для прищепи і підщепи.

Важливо, щоб копуляційний зріз мав, за можливості, мінімальну раневу поверхню, щоб на своє загоювання потребувало небагато часу та поживних речовин, що накопичилися у чубуках.

Багатьма, зокрема й нашими дослідженнями встановлено, що мінімальне травмування живих клітин чубуків забезпечують лезові робочі органи. Товщина шару травмованих клітин у них у 2,5 рази менша, ніж у фрезерних робочих органів.

Окрім того, під час роботи леза не повинно бути термічного (за рахунок нагріву) та хімічного (за рахунок хімічної взаємодії) пригнічення живих клітин. Таким чином визначаємо:

1. Ріжучі робочі органи мають бути лезовими з мініально можливим радіусом заокруглення жала леза, тобто максимально гострі.

2. Швидкість різання чубуків має бути невисокою і не супроводжуватись нагріванням.

3. Матеріал леза має бути нейтральним до тканин чубука і не взаємодіяти з ними.

Усі вищенаведені аргументи сприяли тому, що в розвинених виноградарських країнах у розсадництві розповсюджені щеплювальні пристрої з омегоподібними лезами та ножним приводом. Аналогічні щеплювальні машини, розроблені в Україні, і сьогодні використовують практично в усіх розсадницьких господарствах. Проте, обґрунтування оптимальних параметрів омегоподібних ножів та розробка оснащення для їх виготовлення залишається актуальною проблемою.

Беручи до уваги, що зрощування компонентів відбувається не по всій площині копуляційного зрізу, а по периметру, під час аналізу форм з'єднання будемо розглядати останній.

Косе копулювання виконується під кутом $30^0 - 40^0$ до осі чубука і периметр зрощування становить:

$$c_1 = \pi \left[1,5 \left(\frac{d}{2} + \frac{1,5d}{2} \right) - \sqrt{\frac{d}{2} \times \frac{1,5d}{2}} \right] + 4d \approx 8d,$$

де: c_1 – довжина периметра зрощування, мм;

d – діаметр чубука, мм;

π – відношення довжини кола до діаметра.

У цьому виразі перший додаток являє собою периметр еліпса, а другий додаток – збільшення периметра за рахунок зарізання язичків.

У разі шипового з'єднання периметр зрізу обчислюється з виразу:

$$c_2 = \pi d + nh,$$

де: c_2 – периметр зрощування шипового з'єднання, мм;

n – кількість поздовжніх зрізів шипів-пазів;

h – висота шипів-пазів, мм.

Омегоподібну форму з'єднання можна розглядати як одношипову з незначним зменшенням периметра за рахунок округлих голівки та заплечиків.

Для наочності розглянемо графік залежності довжини периметра зрізу від величини діаметра чубуків наведених способів з'єднання (рис. 2).

Найбільший периметр зрощування має коса копуліровка (пряма 1), а найменший периметр – одношипове омегоподібне з'єднання (пряма 3).

Важливо зазначити, що збільшення периметра зрізу відбувається більш стрімко в разі косої копуліровки і це негативна ознака. Одношипове і омегоподібне з'єднання характеризується плавним наростанням периметра.

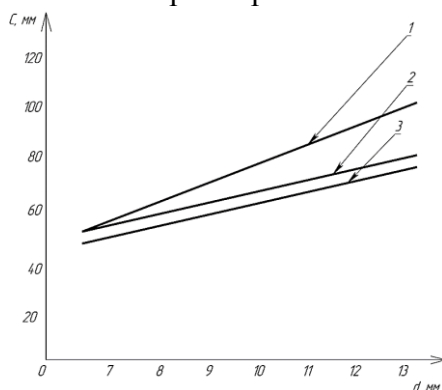


Рис. 2. Графік залежності периметра зрізу C від діаметра чубуків d при різній формі елементів з'єднання

- 1 – коса копулювання;
- 2 – призматичний шип;
- 3 – омегоподібний шип

Розглянемо омегоподібне з'єднання з погляду механічної міцності щепи. Руйнівною буде сила P , яка приводить паз підщепи до розколювання (рис. 3).

Щодо паза підщепи нам важливо знати величину моменту на вершині заплічка в точці B . Він буде меншим в l/h разів, а в точці ймовірного розколу A дорівнюватиме нулю. З цих міркувань бажано, щоб висота h омегоподібних шипа та паза були якомога меншими. У такому разі сила P викликати не розколювання паза, а висмикування шипа з паза, чому перешкоджатиме голівка шипа, діаметр якої більший за розмір його шийки.

Як було зазначено вище, основною вимогою до копуляційного зрізу є його здатність до зрощування компонентів. Конкретизуючи цю вимогу, зазначимо, що копуляційні поверхні не повинні стискуватись – це пригнічує регенерацію тканин.

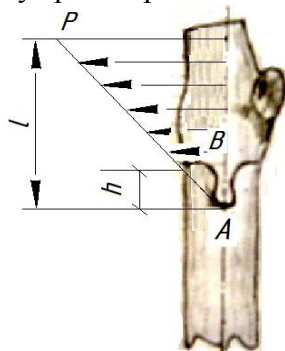


Рис. 3. Характер зміни епюри згинаючого моменту сили P

Якщо сила P прикладена до верхівки прищепи на відстані l від точки розколу A , то момент цієї сили складатиме:

$$M = P \times l$$

де: M – момент руйнівної сили;
 P – руйнівна сила;
 l – плече дії сили руйнації.

З'єднання компонентів має бути без просвіту, або з мінімально можливим просвітом.

Беручи до уваги, що зусилля різання товстих чубуків (до 14 мм) твердих за деревиною сортів сягає 75-80 кг, то товщина ножа для забезпечення достатнього робочого ресурсу має бути не менше 0,3 мм. Радіус згинання такого за товщиною металу без утворення мікротріщин має становити не менше 1,5 мм. З огляду на цю обставину діаметр голівки омегоподібного ножа дорівнюватиме 3 мм, а радіус закруглення заплечиків з міркувань технологічності виготовлення також дорівнюватиме 3 мм. Спряженість цих елементів обумовлюють мінімальну висоту шипа у 7 мм (рис. 4.1).

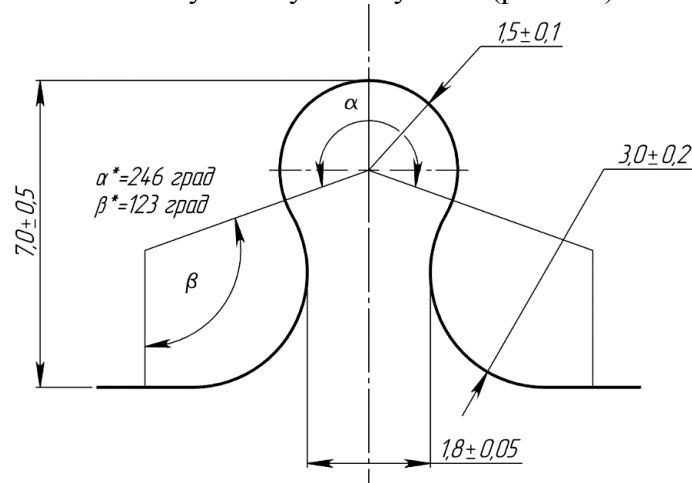


Рис. 4.1. Геометричні параметри омегоподібного ножа

* – довідкові параметри

Таким чином, отримуємо основні геометричні параметри омегоподібного ножа:

- висота шипа – 7 мм;
- діаметр головки шипа – 3 мм;
- радіус заокруглення заплечиків – 3 мм;
- розмір шийки шипа – 1,8...2,0 мм.

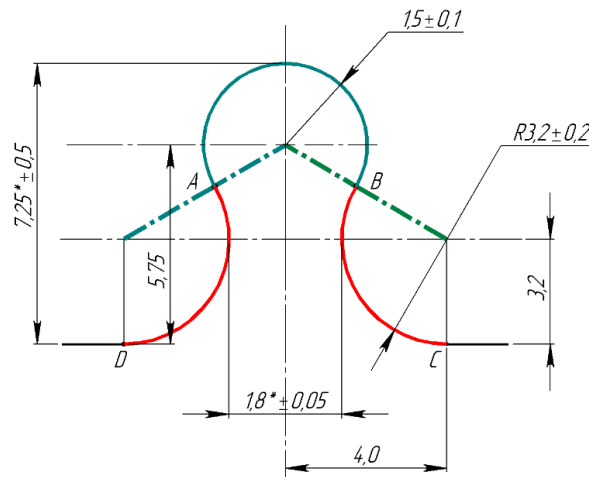


Рис. 4.2. Геометричні параметри омегоподібного ножа

* – довідкові параметри

Довжина омегоподібної лінії різання складається з:

- довжини дуги AB , що утворює головку шипа;
- двох дуг AD і BC , що утворюють шийку та заплечики шипа;
- двох прямолінійних ділянок лівіше D і правіше C , коли діаметр держака більший за відстань DC (рис. 4.2).

При розробці обладнання необхідно виходити саме з цих параметрів. Беручи до уваги діапазон діаметрів чубуків, придатних для щеплення, який становив від 7 до 14 мм, доцільно виготовляти три типи розмірів ножів:

№ 1 – для тонких чубуків діаметром 7...8 мм;

№ 2 – для середніх за товщиною чубуків діаметром 9...12 мм;

№ 3 – для товстих чубуків товщиною понад 12 мм.

Слід також зауважити, що велике зусилля перерізування чубуків і мала товщина металу (0,3 мм) призводять до певної деформації ножів у роботі, особливо на товстих чубуках, що згодом причинає їхнє руйнування.

Зменшити деформацію ножа можна, наприклад, шляхом надання йому конічної форми, яка суттєво збільшує просторову жорсткість ножа, а отже і його робочий ресурс.

До того ж конічна форма унеможливує затискання омегоподібного шипа в ножі, тобто останній не розклинається. У підсумку викладені фактори сприятимуть підвищенню якості копуляційного зрізу та збільшенню робочого ресурсу омегоподібних ножів.

Зусилля різання чубуків, як уже зазначалося, безпосередньо впливає на конструкцію пристрою для щеплення і, насамперед, конструкцію привода ножа.

Більшість конструкцій мають ножний привод з шарнірно-важільним механізмом. У даному разі зусилля різання є визначальним параметром. Оскільки формування копуляційного зрізу здійснюється за один рух ножа, то нам необхідно знати максимальну довжину різання.

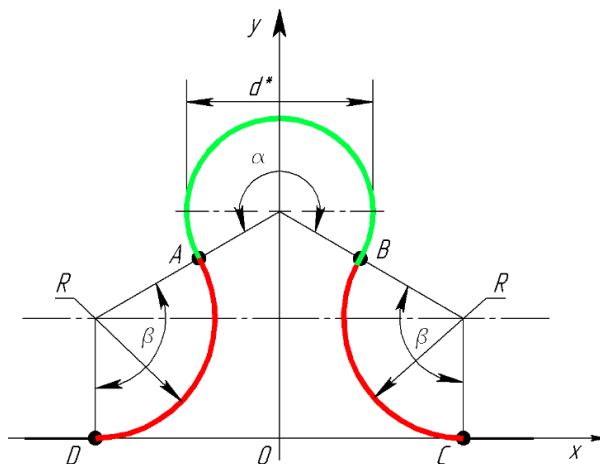


Рис. 4.3. Геометричні параметри омегоподібного ножа

* – довідкові параметри

$$a = 246^{\circ}$$

$$b = 123^{\circ}$$

Довжина дуги голівки (рис. 4.3):

$$L_{AB} = \frac{2\pi r d}{360^{\circ}} = 6,437 \text{ мм}$$

Довжина дуги заплечика:

$$L_{AD} = \frac{2\pi R \beta}{360^{\circ}} = 6,87 \text{ мм}$$

Сумарна довжина:

$$L_C = 6,437 + 6,87 \times 2 = 20,18 \text{ мм}$$

У разі найтовстішого чубука:

$$L_C = 20,18 + (14 - 8) = 26,18 \text{ мм}$$

Для визначення довжини різання слід узяти довжину власне омеги та додати її збільшення за рахунок зростання товщини чубука.

Позначимо: L – довжина омегоподібної кривої найтонкішого чубука діаметром d_{min} .

$d_{max} - d_{min}$ – збільшення довжини різання за рахунок товстішого чубука d_{max} .

У разі омегоподібного зрізу це буде довжина власне фігурної кривої, яка не залежить від товщини чубука, і її збільшення за рахунок прямолінійних ділянок.

Запишемо:

$$L_{\text{різ}} = L + d_{max} - d_{min}$$

де, $L_{\text{різ}}$ – сумарна довжина різання;

L – довжина омегоподібної кривої;

d_{max} – діаметр найтовстішого чубука;

d_{min} – діаметр найтоншого чубука.

У свою чергу:

$$L = l_{\text{гол}} + 2 \times l_{\text{зап}},$$

де,

$$l_{\text{гол}} = \frac{2\pi r\alpha}{360^\circ},$$

а

$$l_{\text{зап}} = \frac{2\pi R\beta}{360^\circ},$$

згідно з рис. 4:

r – радіус заокруглення головки;

α – центральний кут головки;

R – радіус заокруглення запличика;

β – центральний кут запличика.

Сумарна довжина лінії різання буде:

$$L_{\text{різ}} = \frac{2\pi r\alpha}{360^\circ} + 2 \frac{2\pi R\beta}{360^\circ} + d_{max} - d_{min}$$

У загальному вигляді зусилля різання обчислюється за формулою:

$$P_{\text{різ}} = q \times L_{\text{різ}}$$

де, $P_{\text{різ}}$ – зусилля різання;

q – питоме зусилля різання.

Питоме зусилля різання залежить від багатьох факторів, серед яких найвпливовішими є:

- твердість деревини чубуків;
- гострота (радіус заокруглення жала) леза;
- товщина матеріалу леза.

Експериментальним шляхом встановлено, що питоме зусилля для виноградних чубуків змінюється в межах від 15,6 до 30 кг/см.

На практиці при розробці щеплювальних пристроїв виходять з найбільших значень як питомого, так і загального зусилля різання.

Висновки

1. Встановлено геометричні параметри омегоподібного ножа, а саме: висота шипа – 7 мм; діаметр головки шипа – 3 мм; радіус заокруглення заплічків – 3 мм; розмір шийки шипа – 1,8...2,0 мм.

2. Визначено:

- довжину дуги голівки, яка становила 6,437 мм;

- довжину дуги заплічика – 6,87 мм;

- сумарна довжина склала – 20,18 мм.

3. Дослідження показали, що велике зусилля перерізування чубуків і мала товщина металу (0,3 мм) призводять до певної деформації ножів у роботі, особливо на товстих чубуках, яка згодом викликає їх руйнацію.

4. Ріжучі робочі органи мають бути лезовими з мінімально можливим радіусом закруглення жала леза, тобто максимально гострі.

5. Швидкість різання чубуків має бути невисокою і не супроводжуватись нагріванням, а матеріал леза має бути нейтральним до тканин чубука і не взаємодіяти з ними.

Список використаних джерел

1. Савін М. О., Кувшинов А. О., Сапожніков А. М. До питання формування копуляційних зрізів при щепленні рослин. *Виноградарство і виноробство*: міжвід. темат. наук. зб. Одеса : ІВіВ ім. В.Є. Таїрова, 2018. Вип. 55. С. 122-126.

2. Савін М. О., Сапожніков А. М., Кувшинов А. О. До питання настільного щеплення плодкових культур. *Виноградарство і виноробство*: міжвід. темат. наук. зб., присв. 150-річчю від дня народження В.О. Гернета / НААН, ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова». Одеса : ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2020. С. 73-77.

3. Сапожніков А. М., Савін М. О., Кувшинов А. О. До питання розробки універсального напівавтоматичного пристрою для щеплення винограду та інших плодкових культур. *Виноградарство і виноробство*: міжвід. темат. наук. зб., присв. 150-річчю від дня народження В.О. Гернета / НААН, ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова». Одеса : ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2020. С. 78-84.

A. Kuvshinov, Ph.D. of Tech. Assoc. Prof., M. Savin, Ph.D. of Tech

National Scientific Center "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking"

ON THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF A PLANT VACCINATION DEVICE

Based on the substantiation of the direction of improvement of the technology of manufacturing omega-shaped knives for grafting devices, knives made of thin-profile strip and stainless steel with a thickness of 0.3 mm are proposed.

Keywords: omega-like spike, copulation cut, grape chips, omega-like bottom, pinches, wood chips.