

УДК 621.7.016.2

Матвійчук В. А.
Бубновська І. А.**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ І ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПОЛІВ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕСІ ГАРЯЧОГО ВАЛЬЦЮВАННЯ ЗА СХЕМОЮ «КРУГ – ОВАЛ»**

Сучасні вітчизняні галузі машинобудування та металообробки, які покликані забезпечити підвищення конкурентоспроможності продукції, спрямовують свої зусилля на зменшення енергетичних і матеріальних витрат шляхом розробки та впровадження процесів обробки металів тиском. Особливе місце серед цих процесів займають способи локального деформування, до яких відноситься процес вальцювання.

Вальцювання заготовок поділяється на наступні види: формувальне – для отримання фасонних заготовок під наступне штампування на пресі або молоті; штампувальне – для отримання штампованих заготовок (виробництво заготовок лопаток гарячим вальцюванням); калібрувальне – для точного холодного вальцювання деталей (виробництво холодним вальцюванням заготовок тонко профільних компресорних лопаток) [1].

Найбільшого застосування на підприємствах машинобудівної та авіаційної промисловості набули процеси переформування заготовок вальцюванням. Розвитку і вдосконаленню процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів сприяли роботи Скрябіна С. А. [2, 3]. Разом з тим температурні і деформаційні режими гарячого вальцювання на сьогодні досліджені недостатньо, що заважає подальшому розвитку та вдосконаленню процесів вальцювання.

Метою дослідження є оцінка напружено-деформованого стану і характеру розподілу температур в зоні деформування при гарячому вальцюванні заготовок із алюмінієвого сплаву АК6 за схемою «круг – овал».

У якості розрахункової схеми процесу гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвого сплаву АК6 була обрана схема «круг – овал», як найбільш розповсюджена і для якої характерна наявність жорстких схем напружено-деформованого стану (НДС) заготовки. При цьому розглядався процес вальцювання для заготовок з діаметрами: 25 мм, 35 мм. Розрахункова схема сформована на основі об'ємної кінцево-елементної моделі (рис. 1). Об'ємна твердотіла дискретна модель побудована за допомогою програмного комплексу Autodesk Inventor і експортована в ANSYS. Початкові заготовки розбивалися на відповідну кількість елементів, що дозволяє отримати досить точні результати. Для різних діаметрів заготовок кількість елементів складала: Ø 25 мм – 13 800; Ø 35 мм – 13 900.

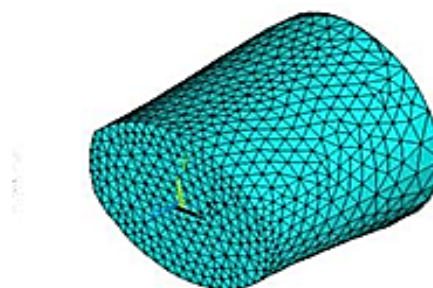


Рис. 1. Дискретна модель осередку деформації заготовки

При моделюванні задавалися умови реального процесу. Властивості початкової заготовки: модуль Юнга $6,9 \times 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,33, умовна межа течії при температурі 450°C , $\sigma_{0,2} = 62$ МПа. Діаграма істинного напруження при розрахунку описувалася залежністю $\sigma_s = \sigma_s(\varepsilon_i, \dot{\varepsilon}, T)$, де σ_s – істинне напруження, ε_i – інтенсивність деформації, $\dot{\varepsilon}$ – швидкість деформації, T – температура. При розрахунку було враховано контактне тертя в умовах гарячого вальцювання ($\mu = 0,32$). Деформуючий інструмент приймався абсолютно жорстким. Враховували тепловіддачу заготовки докільцю та інструменту.

За результатами розрахунків був визначений НДС заготовок, зокрема характер розподілу інтенсивності деформації ε_i та інтенсивності напружень σ_i для заготовок $\varnothing 25$ і $\varnothing 35$ в момент початку деформації, на проміжному етапі та на сталій стадії.

На рис. 2 показаний розподіл інтенсивності деформації ε_i в поздовжньому перерізі та умовно відображено місця площини, в яких взяті поперечні перерізи в осередку деформації при вальцюванні.

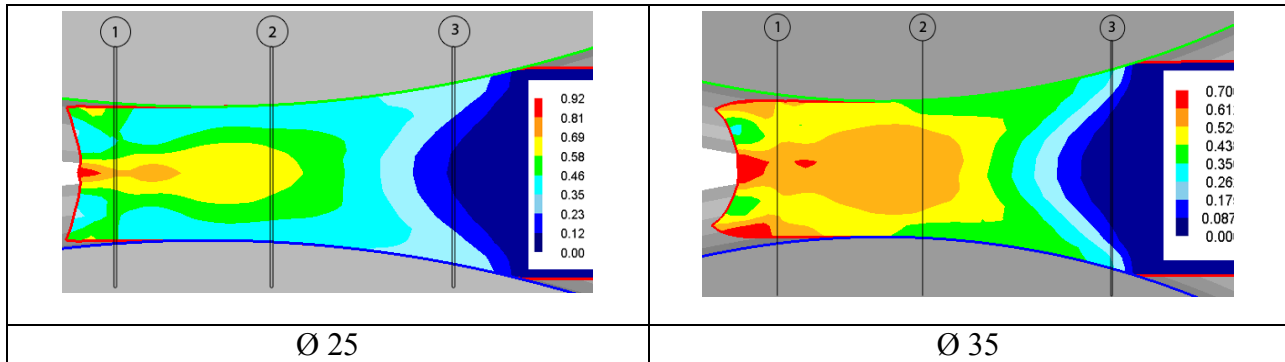


Рис. 2. Характер розподілу інтенсивності деформації ε_i :

1 – переріз сталої стадії; 2 – переріз переходу; 3 – переріз зростання осередку деформації

На рис. 3 представлено характер розподілу інтенсивності напружень σ_i в поздовжньому перерізі осередку деформації.

Отриманий моделюванням характер розподілу температури в поздовжньому перерізі по осі заготовки відповідає характеру розподілу інтенсивності деформації.

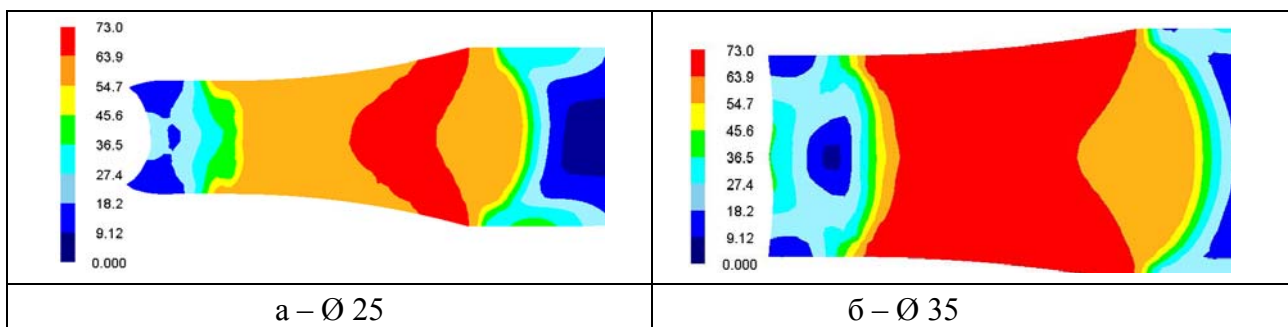


Рис. 3. Характер розподілу інтенсивності напружень σ_i . у поздовжньому перерізі осередку деформації

У місці контакту інструменту із заготовкою відбувається значне зниження температури за рахунок тепловіддачі заготовки інструменту. Температура падає і на вільній поверхні, (не контакту) з інструментом. З іншого боку спостерігається значне підвищення температури із зростанням інтенсивності деформації. У місці інтенсивної деформації спостерігається підвищення температури більш ніж на 20°C . Отримані значення температури на поверхні заготовки з достатньою точністю співпадають з результатами, отриманими в роботі [4].

Після аналізу осередку деформації в поздовжньому перерізі, були визначені напруження і деформації в поперечних перерізах на виході заготовки з калібрів, на осі калібрів та на вході заготовки в калібри.

Розподіл інтенсивності деформації ε_i та температури був досліджений в поперечних перерізах в напрямках осей X і Y, як показано на рис. 4.

Розподіл інтенсивності деформацій ε_i (рис. 5) та нерівномірності температури (рис. 6) дає нам можливість оцінити характер формування осередку деформації в поперечному перерізі заготовки $\varnothing 25$ мм. Аналогічні результати отримано за результатами моделювання для заготовки $\varnothing 35$ мм.

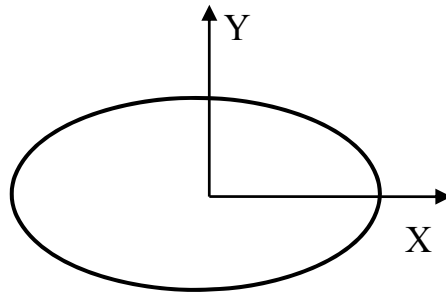


Рис.4. Схема напрямку осей

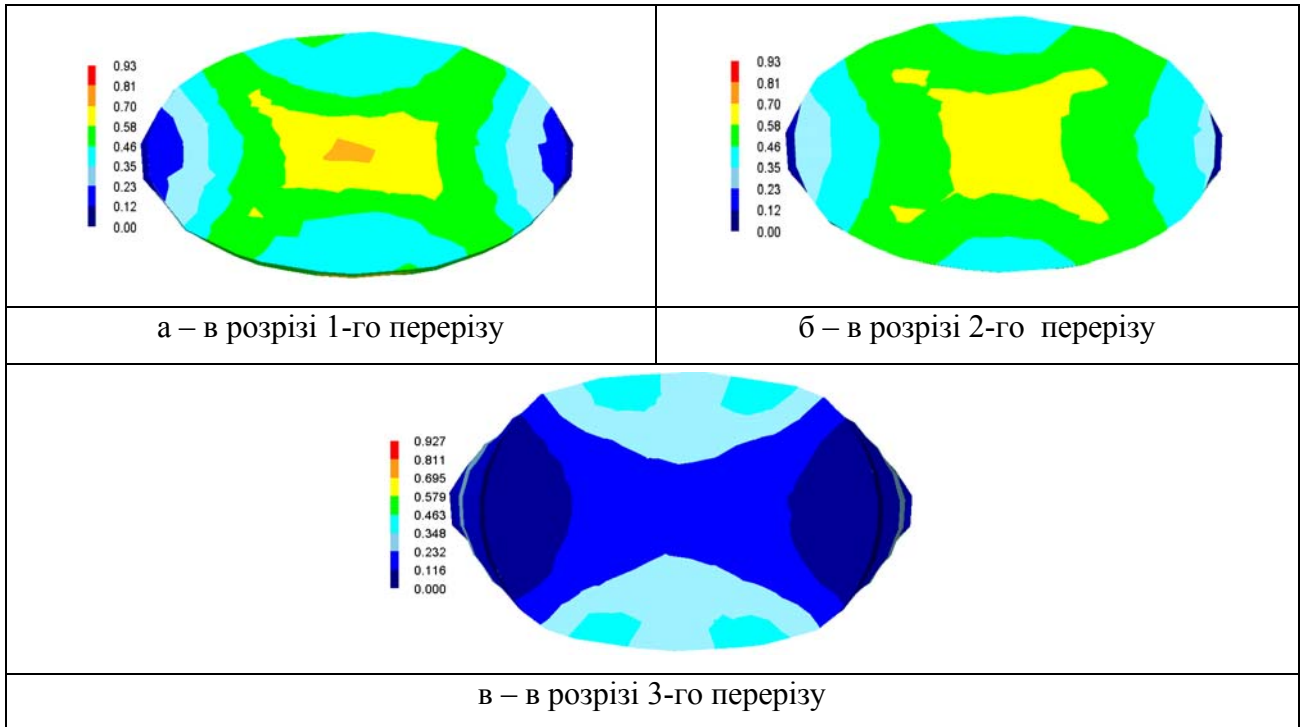


Рис. 5. Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i для заготовки $\varnothing 25$ мм

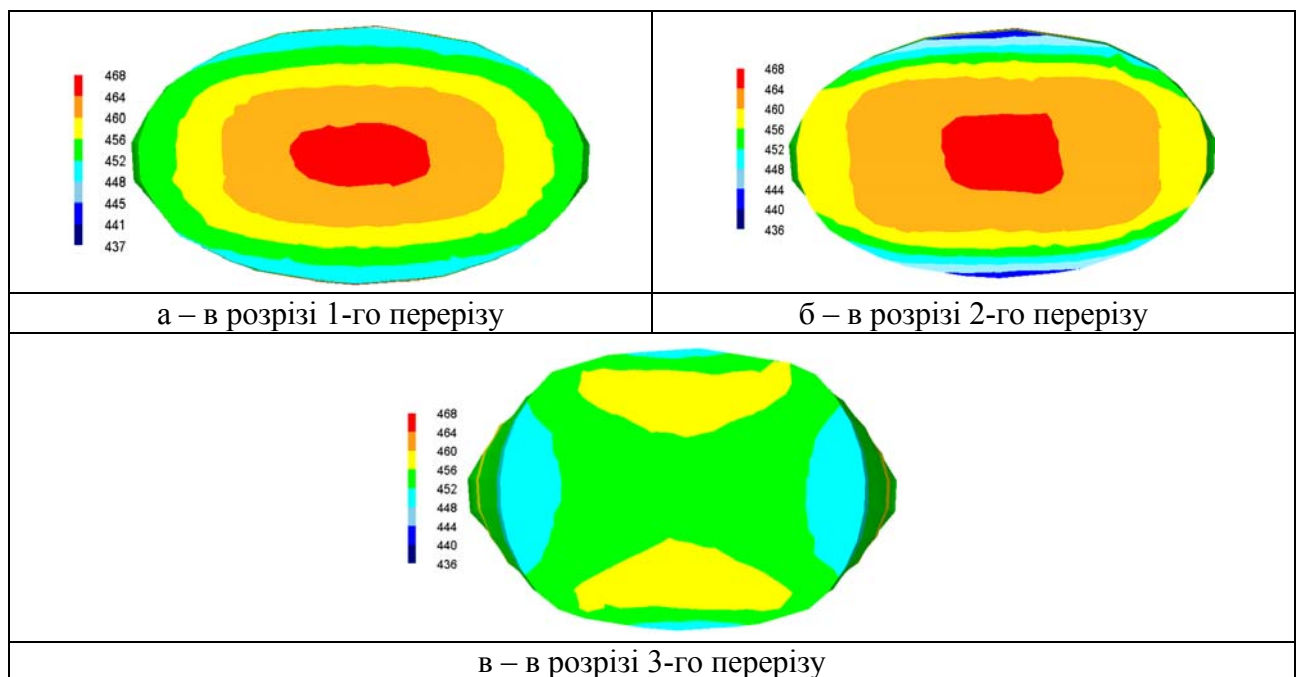


Рис. 6. Розподіл нерівномірності температури для заготовки $\varnothing 25$ мм

Для побудови залежності інтенсивності деформації від лінійних розмірів овалу брали по 10 точок по висоті та ширині овалу. Таким чином, було побудовано для заготовки $\varnothing 25$ мм розподіл нерівномірності деформації ε_i в перерізах у напрямі осі X (рис. 7, а) і осі Y (рис. 7, б).

Аналогічно для заготовки $\varnothing 25$ визначена нерівномірність розподілу температури в перерізах у напрямі осі X (рис. 8, а) і осі Y (рис. 8, б). За такою ж схемою визначені відповідні нерівномірності для заготовок $\varnothing 35$ мм.

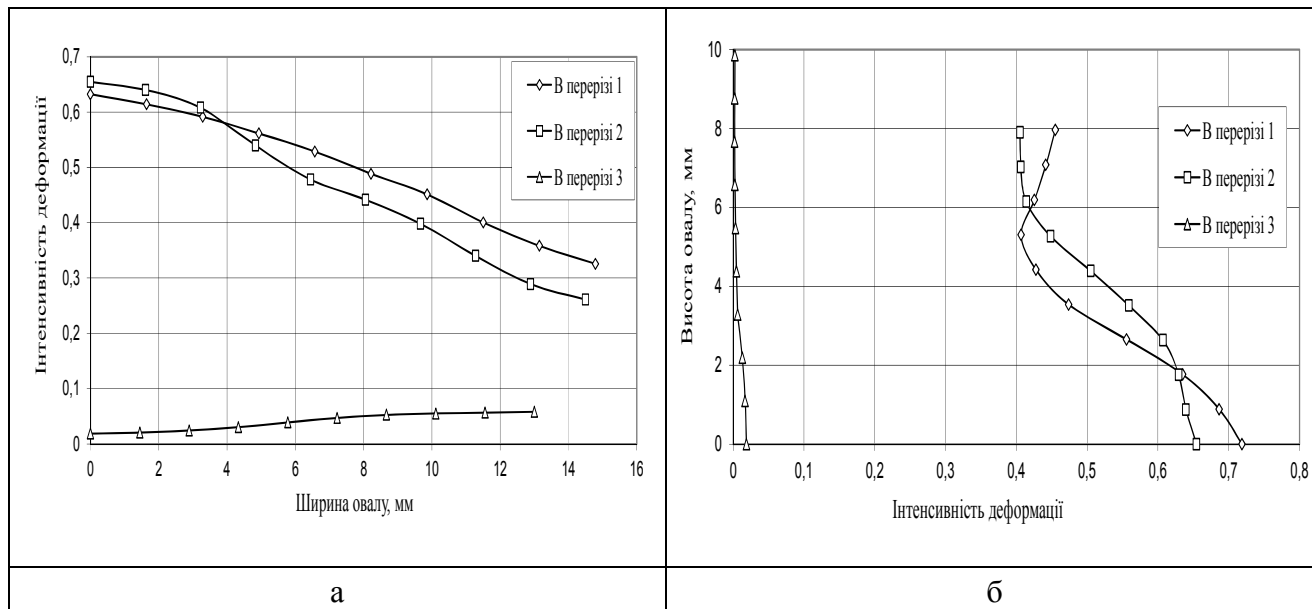


Рис. 7. Розподіл нерівномірності інтенсивності деформації ε_i для заготовки $\varnothing 25$ мм в перерізах:
а – у напрямі осі X; б – у напрямі осі Y

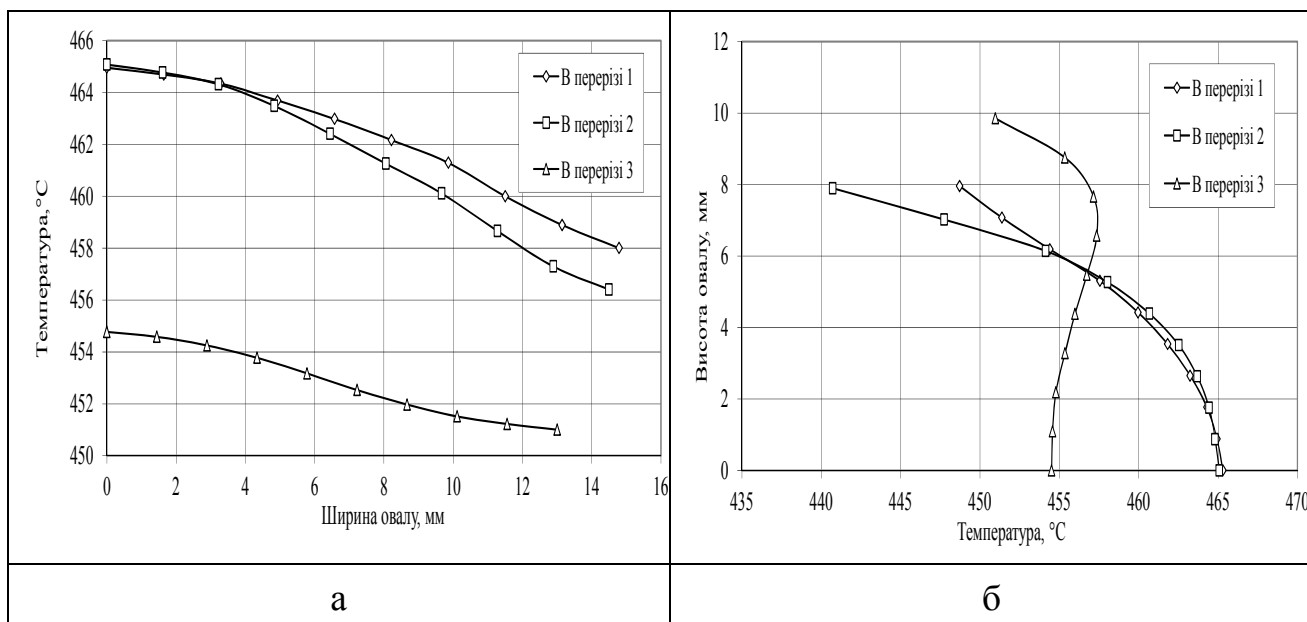


Рис. 8. Розподіл нерівномірності температури для заготовки $\varnothing 25$ мм:
а – у напрямі осі X; б – у напрямі осі Y

Як свідчать результати дослідження, максимальних значень інтенсивності деформацій і температура на стадіях, крім початкової, набувають у центральній частині поперечного перерізу заготовки. При цьому максимальні значення інтенсивності деформацій перевищують мінімальні, що знаходяться на вільній боковій поверхні поперечного перерізу заготовки,

в два і більше раз. В той же час, на вільній поверхні заготовки спостерігається жорстка схема напруженого стану, яка відповідає одноосному розтягу. За отриманими результатами побудовані кореляційні залежності розподілу інтенсивності деформацій і температури в перерізах осередку деформацій при вальцюванні за схемою «круг – овал».

ВИСНОВКИ

Проведене моделювання процесу гарячого вальцювання заготовок показало можливість оцінки напружено-деформованого стану і характеру розподілу температур в зоні деформування при гарячому вальцюванні заготовок із алюмінієвого сплаву АК6 за схемою «круг – овал».

Нерівномірна течія металу при формозміні вальцюванням супроводжується нерівномірним розподілом температури в напрямку осі заготовки та ортогональної площини. Розподіл температури відповідає характеру розподілу інтенсивності деформації, яка викликана геометричними співвідношеннями форми калібру і вальцьованої заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Матвійчук В. А. *Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография* / В. А. Матвійчук, И. С. Алиев. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 268 с.
2. Скрябин С. А. *Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах* / С. А. Скрябин – Изд-во П.П.О Власюк. Винница, 2007. – 282 с.
3. Скрябин С. А. *Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием.* / С. А. Скрябин – Киев : КВ Ц, 2004. – 346 с.
4. Скрябин С. А. *Определение температурного поля на поверхности деформируемой заготовки за счет энергии пластического формоизменения и работы поверхностных сил трения* / С. А. Скрябин, И. В. Гунько, И. А. Бубновская // *Технологические системы.* Київ, 2010. – № 2. С. 63–69.

REFERENCES

1. Matvijchuk V. A. *Sovershenstvovanie processov lokal'noj rotacionnoj obrabotki davleniem na osnove analiza deformiruемости металлов: Monografija* / V. A. Matvijchuk, I. S. Aliev. – Kramatorsk : DGMA, 2009. – 268 s.
2. Skryabin S. A. *Tehnologija gorjachego deformirovanija zagotovok iz aljuminievyh splavov na kovocnyh val'cah* / S. A. Skryabin – Izd-vo P.P.O Vlasjuk. Vinnica, 2007. – 282 s.
3. Skryabin S. A. *Izgotovlenie pokovok iz aljuminievyh splavov gorjachim deformirovaniem.* / S. A. Skryabin – Kiev : KV C, 2004. – 346 s.
4. Skryabin S. A. *Opredelenie temperaturnogo polja na poverhnosti deformiruemoj zagotovki za schet jenerгии plasticheskogo formoizmenenija i raboty poverhnostnyh sil trenija* / S. A. Skryabin, I. V. Gun'ko, I. A. Bubnovskaja // *Tehnologicheskie sistemy.* Kiiiv, 2010. – № 2. S. 63–69.

Матвійчук В. А. – д-р техн. наук ВНАУ

Бубновська І. А. – аспірант ВНАУ

ВНАУ – Вінницький національний аграрний університет, г. Вінниця.

E-mail: matvvik@mail.ru