

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Базарової Катерини Володимирівни «Удосконалення технології та обладнання для прокатки двотаврових балок на основі аналізу формозміни металу в розрізних калібрах», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 «Процеси та машини обробки тиском»

Актуальність теми дисертації

Підвищення конкурентоспроможності, розширення сортаменту і поліпшення якості сортового прокату є основним напрямком розвитку гірничо-металургійного комплексу України. Повною мірою це відноситься до виробництва двотаврів, які становлять значну частину сортаменту фасонних профілів загального призначення. В роботі зазначено, що недосконалість обладнання вітчизняних рейкобалкових і крупнортних станів, відсутність в їх складі універсальних клітей, а також недостатня вивченість процесу прокатки в складних фасонних калібрах, не дозволяють виробляти двотаври підвищеної точності, що є більш конкурентоспроможними на світовому ринку, ніж профілі загального призначення. Як альтернатива універсальним клітям використовуються двовалкові кліті, обладнані спеціальними касетами з неприводними вертикальними валками, що надає можливість на вітчизняних станах прокатувати двотаври з паралельними полицями. Проте існуючі касети не забезпечують належної жорсткості конструкції універсального калібру і не дозволяють виробляти профілі з точними розмірами, причиною чого є також відсутність надійних методів розрахунку калібрувань чорнових валків та напружено-деформованого стану касет чистових клітей. Вирішення цієї задачі можливо за умови встановлення фізичних закономірностей формозміни металу в фасонних балкових калібрах, розробки науково-обґрунтованих методів проектування калібрувань валків і розрахунку параметрів прокатки і обладнання, вдосконалення на їх основі діючих технологій і устаткування сортових прокатних станів, що є завданнями актуальними і мають важливе наукове і практичне значення.

При вирішенні наукової задачі авторкою використано комплексний підхід, який полягає у сумісному дослідженні впливу процесу прокатки на початковій та завершальній стадіях на якість готової продукції, а саме: виконання у промислових умовах досліджень експлуатаційного стану касет з неприводними вертикальними валками, визначення фактичної точності прокатки при виробництві двотаврових профілів, чисельне моделювання напружено-деформованого стану касети та формозміни металу заготовки у чорнових

закритих балкових калібрах. Проведені дослідження дозволили встановити і обґрунтувати залежності висотної деформації елементів заготовки від розподілу обтиснень за елементами профілю і його форми, на підставі чого визначити межі раціональних значень технологічних параметрів прокатки та розробити заходи відносно модернізації конструкції обладнання, які застосовано при вдосконаленні технології прокатки двотаврових балок на виробництві.

Зв'язок з державними та галузевими науковими програмами

Тема дисертації відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні «Створення нових та удосконалювання діючих технологій, устаткування і засобів автоматизації в прокатному виробництві» і напрямку науково-дослідних робіт Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк). Робота виконана в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи відповідно до координаційних планів Міністерства освіти і науки України (№ держ. реєстрації 0111U007437), в якій авторка була виконавцем.

Структура і зміст дисертації

Дисертація складається з анотації з переліком наукових праць, вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел та 7 додатків на 18 сторінках. Містить 271 аркуш, з яких 163 сторінки основного тексту, у тому числі 35 рисунків у тексті, 11 таблиць та 55 рисунків на окремих сторінках.

Представлений автореферат дисертації містить 20 сторінок машинописного тексту, в тому числі список з 13 робіт, опублікованих авторкою за темою дисертації.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації

У представлений до розгляду дисертаційній роботі виконано доволі широкий аналіз літературних джерел, в яких наведено огляд і систематизовано інформацію стосовно вимог нормативних документів відносно якості гарячекатаних двотаврів, розвитку сортаменту, технологічних процесів, способів прокатки і калібрування двотаврових профілів, методів математичного моделювання прокатки в фасонних калібрах і розрахунку конструкцій технологічного обладнання, проаналізовано сучасне становище вітчизняних сортопрокатних станів та передові світові технології виробництва двотаврів підвищеної точності.

Обґрунтованість основних наукових висновків та рекомендацій підтверджується результатами, що отримані з використанням апробованих положень і методів теорії пружності і пластичності, методів математичного (чисельного) та фізичного моделювання; використанням точних вимірювальних пристроїв та стандартних методів експериментальних досліджень; задовільною збіжністю теоретичних і експериментальних результатів досліджень, впровадженням результатів роботи у виробництво та використанням в

навчальному процесі.

Основні теоретичні результати роботи базуються на використанні методу скінчених елементів і відповідають відомим положенням та математичному апарату теорії пружності та пластичності. Встановлені авторкою закономірності висотної деформації елементів двотаврової заготовки в чорнових закритих балкових калібрах та залежності їх формозміни від технологічних параметрів прокатки зіставляються, як з відомими теоретичними рішеннями, так і з результатами експериментальних досліджень. Для обробки отриманих результатів досліджень використовувалися методи математичної статистики. Всі дослідження проведені за розробленими методиками не суперечать сучасним теоретичним положенням. Отримані результати узгоджуються з загально прийнятим положеннями процесу гарячої прокатки.

Достовірність основних рішень і висновків дисертаційної роботи підтверджується промисловими дослідженнями і впровадженням результатів роботи на виробництві

Таким чином, достовірність наукових положень дисертації є доведеною, оскільки авторкою проведено порівняння результатів, розрахованих за запропонованих нею методиками з відомими результатами, які добре узгоджуються між собою. Отримані результати не суперечать загально прийнятим уявленням в галузі обробки металів тиском. Данні результатів досліджень добре узгоджуються з закономірностями процесу гарячої прокатки.

Отримані в роботі результати обговорені та апробовані на численних міжнародних та вітчизняних наукових конференціях у тому числі з переліку, затвердженому ВАК України, наукових семінарах, а також у наукових публікаціях, кількість яких є достатньою.

Наукова новизна отриманих результатів

Основні наукові результати дисертаційної роботи, що становлять наукову новизну полягають у наступному:

1. Вперше встановлено для чорнових закритих балкових калібрів з відношенням товщини стінки до висоти розкату в межах від 0,2 до 0,4, що значно впливають на точність прокатки двотаврових профілів, закономірності висотної деформації полиць і фланців залежно від величин обтиснення стінки, бічного обтиснення фланців і ширини стінки та надано їх кількісні оцінки, що дає можливість управляти подальшою формозміною металу в чистових чотиривалкових універсальних калібрах для підвищення точності прокатки двотаврових профілів.

2. Вперше визначено кількісні оцінки граничних параметрів прокатки двотаврових профілів в чорнових закритих балкових калібрах, дотримання яких дозволяє сформулювати в чорнових калібрах двотавровий розкат з максимально можливою висотою фланців, і в чистовому універсальному калібрі отримати готові двотаври з широкими полицями підвищеної точності.

3. Вперше з використанням методу скінчених елементів для касет з неприводними вертикальними валками чистової кліті встановлено залежності пружної деформації касети від сил деформування з урахуванням взаємного впливу

деталей касети, які стикаються при роботі валкового вузла, що дозволяє прогнозувати товщину полиць готових двотаврів.

4. Вперше на основі тривимірної скінченно-елементної моделі касети з неприводними вертикальними валками встановлено залежності параметрів напружено-деформованого стану касети і додаткової питомої маси двотаврового профілю від зміни температури металу в полицях заготовки, застосування яких дозволило прогнозувати різновтовщинність полиць готових двотаврів.

Вищевикладені пункти наукової новизни є достатніми, щоб характеризувати дисертанта як науковця, що заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи полягає у наступному:

- розроблено комплекс методик і програмних засобів з автоматизованого розрахунку і проектування технологічних режимів обтиснень, калібрувань робочих валків, кінематичних параметрів процесу гарячої прокатки двотаврових профілів різного типорозміру в чорнових і чистових робочих клітках і пружної деформації технологічного обладнання сортових станів, що дозволяє підвищити якість готових двотаврів за рахунок надходження до чистових клітей підкату з точними розмірами;

- розроблені практичні рекомендації стосовно вдосконалення технологічних режимів роботи сортопрокатних станів, що забезпечують розширення сортаменту, підвищення якості та зниження собівартості гарячекатаних двотаврових профілів;

- розроблені технічні рішення з удосконалення конструкцій механічного обладнання, спрямовані на підвищення техніко-економічних показників процесу промислового виробництва гарячекатаних двотаврових профілів.

Результати дисертаційної роботи використані на виробництві при проектуванні технологічних режимів роботи, складу і конструктивних параметрів обладнання сортових станів стосовно гарячої прокатки двотаврових профілів різного типорозміру.

Економічний ефект за рахунок зниження трудомісткості проектно-конструкторських і проектно-технологічних робіт з урахуванням дольової участі авторки, становить 450 тис. грн.

Окремі положення дисертації використовуються у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля в рамках викладання ряду спеціальних дисциплін, а також при виконанні науково-дослідних робіт, курсових та дипломних проектів студентами і магістрами спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Загальна характеристика змісту дисертації та автореферату

За структурою дисертація та автореферат є логічними, підпорядкованими меті роботи та її задачам, оформлені грамотно і відповідають вимогам ВАК України до дисертацій та авторефератів дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Автореферат достатньо повно відображає зміст дисертації. Тема і

зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.03.05 – Процеси і машини обробки тиском.

В роботі на основі розроблених тривимірних скінченно-елементних моделей прокатки встановлені фізичні закономірності плину металу в чорнових закритих балкових калібрах з відношенням товщини стінки до висоти розкату в межах від 0,2 до 0,4, за допомогою яких встановлено, що збільшення обтиснення стінки призводить до зростання висоти відкритих і закритих фланців. Підвищення бічного обтиснення фланців викликає зменшення приросту висоти фланців і призводить до підвищеного утягання полиць двотаврової заготовки. При збільшенні відношення ширини стінки до її товщині до значення 3,1 спостерігається незначний приріст висоти фланців, далі – зменшення висоти всіх елементів розкату. Визначено кількісні оцінки граничних параметрів прокатки двотаврових профілів в чорнових балкових калібрах, дотримання яких дозволяє сформулювати в них розкат з максимально можливою висотою фланців, і в чистовому універсальному калібрі отримати готові двотаври з точними розмірами по ширині полиць. Розроблено у вигляді рівнянь регресії математичні моделі розрахунку кількісних характеристик формозміни металу в чорнових закритих балкових калібрах, що враховують вплив прямого обтиснення стінки, бічного обтиснення фланців і ширини стінки на висотну деформацію фланців.

Теоретичні дослідження підтверджуються експериментальними дослідженнями, проведеними з використанням методу координатних сіток. Порівняльний аналіз інтегральних характеристик формозміни металу двох досліджень показав адекватність розроблених математичних моделей.

На основі методу скінченних елементів визначено характер і параметри об'ємного напружено-деформованого стану касет з неприводними вертикальними валками. Виконано аналіз впливу елементів і конструктивних параметрів касети на її працездатність і поздовжню різнотовщинність полиць двотаврових профілів. Розроблена методика визначення сумарної пружної деформації касети від деформуючих сил з урахуванням взаємного впливу деталей касети, які стикаються, при роботі валкового вузла в зборі, яка дозволяє прогнозувати різнотовщинність готових двотаврів. На основі результатів дослідження НДС касети розроблено рекомендації відносно вдосконалення її конструкції, що дозволяє зменшити пружну деформацію касети і підвищити точність прокатки двотаврових профілів. З використанням розроблених математичних моделей розрахунку параметрів формозміни металу та визначених раціональних граничних параметрів прокатки двотаврових профілів в чорнових балкових калібрах удосконалено діюче калібрування валків і технологія прокатки двотаврів №14, розроблено та освоєно технологію прокатки нових економічних імпорто-замінних двотаврів з паралельними полицями № 16 і № 18, що відрізняється використанням універсального калібрування валків з єдиним для обох суміжних профілів розрізним балковим калібром.

У першому розділі розглянуто стан виробництва двотаврів. Виконано аналіз сортаменту, технологічних процесів прокатки і устаткування для виробництва двотаврів. Висвітлено сучасний стан математичного моделювання прокатки в фасонних калібрах, способів прокатки і калібрувань валків двотаврових профілів,

методів розрахунку устаткування для їх виробництва.

У другому розділі проаналізовано і обґрунтовано вибір методів наукових досліджень дисертаційної роботи.

Теоретичні дослідження процесів прокатки, визначення напружено-деформованого стану заготовки і основних закономірностей її формозміни в чорнових балкових калібрах здійснено методом скінченних елементів з використанням програмного комплексу SIMULIA/ABAQUS.

В якості експериментального методу дослідження формозміни металу в калібрах застосовано метод координатних сіток.

Дослідження напружено-деформованого стану касети з неприводними вертикальними валками виконувалося МСЕ з використанням програмного комплексу ЛІРА.

Результати дослідження фактичної точності прокатки двотаврів, теоретичного і експериментального дослідження формозміни металу в чорнових закритих балкових калібрах оброблено методом кореляційно-регресійного аналізу з використанням програм Excel і MathCad.

У третьому розділі представлені результати дослідження напружено-деформованого стану заготовки і формозміни металу в чорнових закритих балкових калібрах, виконаного на основі трьох серій теоретичних експериментів при застосуванні МСЕ на моделях прокатки двотаврових заготовок зі сталі СтЗсп при температурі 1100°C.

Статистична обробка результатів теоретичного експерименту дозволила отримати аналітичні залежності висотної деформації полиць і фланців від обтиснення стінки, бічного обтиснення фланців, ширини стінки, що у загальному виді виражаються поліномами другого і третього ступеню відповідно та розробити математичні моделі розрахунку інтегральних характеристик формозміни металу в чорнових закритих балкових калібрах, що враховують одночасно декілька технологічних факторів прокатки.

У четвертому розділі наведені результати експериментального дослідження формозміни металу в чорнових закритих балкових калібрах методом фізичного моделювання і методом координатних сіток.

Аналіз розподілів по перерізу двотаврового профілю головних компонентів деформацій, отриманих експериментально на фізичній моделі і за допомогою МСЕ показав, що дані характеристики НДС з найбільшою точністю й адекватністю описуються квадратичними поліномами. Зіставлення результатів показує збіжність більш ніж 85% як по характеру залежностей, так і за чисельним значенням.

У п'ятому розділі наведені результати теоретичного дослідження об'ємного НДС касет з неприводними вертикальними валками, що утворюють чистові універсальні калібри, на підставі чого отримано основні закономірності зміни ізополів переміщень і напружень в деталях конструкції касети. Визначено, що пружні деформації верхньої і нижньої плит і підшипників кочення значно відрізняються поміж собою, що пояснюється нерівномірним розподілом навантаження у вертикальній площині внаслідок різної товщини плит та може привести до їх ушкодження та поломки. За умов сприйняття конструкцією

касети найбільш можливого у промислових умовах навантаження у підшипниках і валках виникають еквівалентні напруження, що значно перевищують допустимі. Встановлено залежності пружної деформації касети від зміни температури металу в полицях двотаврової заготовки, зниження якої на 100⁰C призводить до підвищення пружної деформації касети на 14,1%.

Розроблено емпірико-аналітичний алгоритм визначення пружної деформації касети, результати розрахунку якої за допомогою алгоритму з достатньою точністю збігаються з результатами математичного моделювання деформованого стану касети.

У шостому розділі на основі результатів дослідження у промислових умовах точності прокатки двотаврів у клітях дуо з використанням касет з неприводними вертикальними валками встановлений характер зміни геометричних параметрів двотаврів. Виявлено наявність значної асиметрії профілю та різнотовщинності його елементів і встановлено, що формування цих дефектів відбувається ще на початковій стадії процесу прокатки і не усувається на заключних стадіях у чистових клітях стана, де використовуються касети з неприводними вертикальними валками.

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень удосконалена технологія прокатки двотавра №14, що полягає в обґрунтуванні її параметрів та калібрування валків, виконаного відповідно до розроблених практичних рекомендацій з деформаційного режиму прокатки в закритих балкових калібрах.

Розроблені рекомендації з удосконалення конструкції касети з неприводними вертикальними валками передано до промислового впровадження.

Результати дисертаційних досліджень використовуються на кафедрі «Машинознавство та обладнання промислових підприємств» Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля в рамках викладання ряду спеціальних дисциплін, а також при виконанні науково-дослідних робіт, курсових та дипломних проектів студентами і магістрами спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», на ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (ПАТ «АМК») (м. Алчевськ) і в Державному підприємстві «Український науково-технічний центр металургійної промисловості «Енергосталь» (м. Харків).

Основні зауваження до дисертації

Основні зауваження до дисертації полягають у наступному:

1. Щодо розділу 1. «Сортамент, технологічні процеси прокатки і обладнання для виробництва двотаврів, математичне моделювання прокатки в калібрах і методи розрахунку обладнання (Стан питання)»:

– на сторінці 35 пишеться, що економічний ефект від споживання фасонних профілів підвищеної точності досягає **3% від обсягу річного виробництва прокату**. Як це може бути? Мабуть малося на увазі 3% економічного ефекту від загального обсягу виробництва прокату?

2. Щодо розділу 2. «Напрямки і методи досліджень»:

– розділ 2.1 «Основні напрямки досліджень» в редакційних варіантах повторює матеріали, викладені у розділі 1 роботи;

– при визначенні деформованого стану металу в чорнових калібрах при обробці zdeформованої прямокутної координатної сітки не зрозуміло, яким чином авторка визначала величини сполучених радіусів, що з'єднують точки торкання еліпсу зі сторонами паралелограма деформованого квадратного елемента сітки (рис.2.8). Якщо при перетворенні кола в еліпс за Зібелем є якісь формули переліку сторони нанесеної сітки $2a$ у сполучені радіуси a, b , та a_1, b_1 , то їх потрібно було привести;

– сенс висновків 1.4 та 2.3, щодо використання у роботі МСЕ ідентичний;

3.Щодо розділу 3. «Теоретичні дослідження формозміни металу в чорновому балковому калібрі».

– одна із задач роботи – провести додаткові дослідження формозміни металу у чорнових калібрах з тим, щоб мати можливість отримувати у чистових клітках двотаври з якістю, порівняною з прокатом у універсальних клітках закордонних станів. Але у роботі чітко так і не сформульовано – яку якість підкату у чорнових клітках можна отримати по існуючим технологіям і на що потрібно звернути увагу в плані удосконалення технології прокатки у чорнових клітках. Тому так і не зрозуміло: чорновий закритий балковий калібр прийнятий у роботі для досліджень формозміни, розроблений по старій технології, чи з урахуванням її удосконалення;

– у роботі досліджували вплив обтиснення стінки на висотну деформацію полиць відкритих і закритих фланців на теоретичних моделях прокатки двотаврових заготовок, проводили якийсь віртуальний експеримент. Було би доцільно у цих теоретичних моделях провести оптимізацію, прийнявши за параметр оптимізації висоту чи точність розмірів фланців. Тоді можна було би обґрунтувати розміри запроєктованого калібру;

– потрібно з самого початку роботи вибрати єдину систему позначень геометричних розмірів готових двотаврів та аналогічних розмірів у підкатах та притримуватись цієї системи на протязі усієї роботи. А так на рис.1.1 та 2.9 товщина стінки позначена S у роботі – d ; висота двотавру h – у роботі B ; ширина полиць b – у роботі H ;

4. Щодо розділу 4. «Експериментальні дослідження формозміни металу у чорнових закритих балкових калібрах»

– висновки 3 - 6 по розділу, що відносяться до зіставлення результатів чисельного моделювання з експериментальними даними, написані загальними фразами: «висока збіжність», «відповідна ймовірність». Потрібно їх підтвердження конкретними цифрами, тим більш, що у самому розділі вони є;

5. Щодо розділу 5. «Дослідження НДС касети з неприводними вертикальними валками для прокатки двотаврів».

– на стор. 153 (табл. 5.1) описується сумарна деформація елементів касети при найменшій температурі та найбільшим зусиллям прокатки. Максимальне переміщення складає – 0,546 мм. Знак « - » означає, що переміщення протилежне напрямку осі X . А виходячи з рис.5.3 це означає, що касета не відштовхується від прокату, а навпаки – притискається до нього, що сприяє не підвищенню товщини

фланця, а потоншенню його. Знак « - » не потрібен, бо у підрахунку зазору між валками по приведеній у роботі формулі він приведе тільки к поширенню зазору;

6. Щодо розділу 6. «Дослідження точності готового прокату і удосконалення технології й устаткування для прокатки двотаврів підвищеної точності».

– на рис. 6.16 та 6.17 наведені нові запропоновані у роботі конструкції плит касети з неприводними вертикальними валками. З рисунків не ясно – у чому конкретно полягає удосконалення конструкції. Запропонована конструкція (рис.6.16) відрізняється від існуючої тільки відсутністю вирізу R90 мм справа у вікні. В той же час, що дала нова конструкція касети в плані поліпшення умов її експлуатації дуже добре видно з табл.6.4. Можна було би нею і обмежитись.

– при коригуванні балкового калібру кліті 7Г проведені значні зміни у формі та розмірах фланців, стінки, помінялось розташування відкритих та закритих калібрів. Але як ці зміни сказалися на силових параметрах прокатки в роботі не розглядалося.

Зроблені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи, її основних положень і висновків, не знижують її наукової і практичної цінності.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Зауваження, зроблені при розгляді матеріалів дисертації, не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Дисертацію виконано на достатньо високому рівні і вона є завершеною науково-дослідною роботою, одержані в ній наукові результати вносять значний вклад в підвищення ефективності виробництва гарячекатаних двотаврових профілів.

Дослідження, що виконувався у дисертаційній роботі, а також закономірності, отримані за результатами роботи, становлять наукову новизну, теоретичну і практичну цінність.

Аналіз результатів досліджень, що наведені у дисертаційній роботі, дає змогу констатувати вирішення актуальних наукових та практичних задач з розширення сортаменту і підвищення точності прокатки двотаврових профілів шляхом вдосконалення калібрувань валків, технологічних режимів роботи та конструктивних параметрів касет з неприводними вертикальними валками чистових клітей сортових станів на основі експериментальних досліджень і математичного моделювання формозміни металу в фасонних калібрах, а також моделювання напружено-деформованого стану елементів касет.

Автореферат та дисертаційна робота оформлені та проілюстровані належним чином. Дисертаційна робота викладена чітко і лаконічно, незважаючи на декілька редакційних неточностей. Основний зміст і результати дисертації повністю відображено в авторефераті та опублікованих наукових працях.

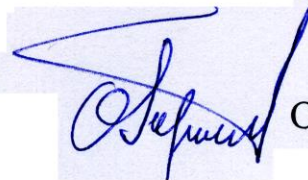
Основні результати роботи впроваджені у виробництво, що підтверджено відповідними актами. Подальше використання результатів досліджень можливо на інших підприємствах металургійної галузі.

Науковий рівень представленої дисертаційної роботи «Удосконалення

технології та обладнання для прокатки двотаврових балок на основі аналізу формозміни металу в різних калібрах», актуальність, стиль викладання та оформлення, наукова новизна, повнота досліджень та практична значимість результатів відповідають вимогам пп. 9 та 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р. до кандидатських дисертацій.

Вважаю, що авторка дисертації, Базарова Катерина Володимирівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси і машини обробки тиском.

Офіційний опонент
 Доктор технічних наук, професор,
 завідувач кафедрою
 «Технологія матеріалів»
 Харківського національного
 технічного університету сільського
 господарства ім. П. Василенка
 (м. Харків)



О. І. Тришевський

Підпис д.т.н., проф. Тришевського О. І. засвідчую
 Начальник відділу кадрів ХНТУСГ ім. П. Василенка




Л.С.Харчевнікова