

## Чепурний Анатолій Данилович



Керівник відділу спецелектрометалургії ВО «Ждановтяжмаш» (1982–1986).  
Директор головного спеціалізованого конструкторсько-технологічного інституту ВО «Ждановтяжмаш» (1986–2010).  
Головний інженер ВАТ «Азовмаш» (2000–2010).

Директор з науково-технічного розвитку керуючої компанії «РейлТрансХолдінг» (м. Москва).

78

ВИНАХІДНИКИ УКРАЇНИ

Доктор технічних наук, професор, академік Міжнародної інженерної академії.

Заслужений машинобудівник України, лауреат Державних премій в галузі науки і техніки УРСР та України, повний кавалер ордена «За заслуги», почесний громадянин м. Маріуполя

Народився 25 лютого 1944 р. на хуторі Сторчове Запорізької області. Дитинство і юнацькі роки Анатолія Даниловича пройшли в селищі Ново-Броньовий (один із районів м. Маріуполя), де невід’ємними атрибутами побуту будь-якої сім’ї були дим мартенівських печей і гуркіт прокатного стану.

Парубоцькі заняття спортом, зокрема боксом і футболом, а в наступні роки — сплави бурхливими річками і високогірні сходження, дозволили А. Д. Чепурному сформувати якості справжнього лідера: цілеспрямованість, наполегливість, постійне прагнення перемагати, віра у власні сили та неабияка працьовитість.

Промислове місто не тільки загартувало характер Анатолія Даниловича, а й зумовило вибір професії. Так, у 1959 р. він вступив у Жданівський індустріальний технікум, який закінчив з відзнакою в 1963 р, здобувши кваліфікацію техника-технолога зварювального виробництва. Проходив виробничу практику, працюючи зварювальником у котельно-зварювальному цеху Жданівського заводу важкого машинобудування. Це визна-

чило подальшу долю А. Д. Чепурного: після закінчення технікуму і служби в армії він повернувся на рідний завод, якому згодом присвятив багато років свого трудового життя. Він пройшов усі кар’єрні сходинки: від інженера-технолога до директора багатопрофільного науково-інженерного центру і головного інженера заводу.

Розпочавши свою інженерну діяльність у відділі головного зварювальника Жданівського заводу важкого машинобудування, Анатолій Данилович займався впровадженням технології електрошлакового зварювання — абсолютно нового напрямку в машинобудуванні. Виробничий досвід став основою його формування як керівника, який вміє швидко і ефективно вирішувати навіть найскладніші завдання — організаторські, виробничі та наукові.

У 1966–1972 рр. без відриву від виробництва навчався на вечірньому відділенні Жданівського металургійного інституту, а потім — на заочній формі в аспірантурі при Інституті електрозварювання імені Є. О. Патона.

Завдяки великому таланту, невичерпному ентузіазму і хорошим організаторським здібностям, молодий вчений Анатолій Чепурний спочатку очолив відділ спецелектрометалургії Головного спеціалізованого конструкторсько-технологічного бюро (ГСКТБ) ВО «Ждановтяжмаш», а згодом і саме ГСКТБ. Багатющий творчий потенціал Анатолія Даниловича і, безсумнівно, очолюваного ним високопрофесійного колективу підприємства дав змогу ВО «Ждановтяжмаш» постійно вдосконалювати продукцію спеціального і оборонного призначення, що випускалася в той час, та оперативно реагувати на виклики часу принципово новими розробками, які не мають світових аналогів. ГСКТБ брало участь у розробленні багатьох передових оборонних і космічних технологій, а А. Д. Чепурний завжди був найактивнішим учасником процесу, тримав творчу і винахідницьку діяльність співробітників під ретельним особистим контролем.

У 1981 р. групі співробітників Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона та працівників низки заводів, що займалися розробкою і промисловим впровадженням нового способу електрошлакового зварювання великотонажних заготовок великого перерізу з високолегованих важкозварювальних сталей, у тому числі Анатолію Даниловичу, була присуджена Державна премія УРСР в галузі науки і техніки.

У 1987 р. А. Д. Чепурний захистив докторську дисертацію відразу за двома спеціальностями: «Металургія металів високої чистоти і прецизійних сплавів», «Обладнання і технологія зварювального виробництва».

Він — автор понад 600 друкованих наукових праць, серед яких більше ніж 400 винаходів у сфері металургії чорних металів і спеціальної металургії, зварювального виробництва, створення нових машин і технологій.

У 1995 р. спільно з групою працівників заводів і конструкторських бюро Анатолій Данилович був удостоєний Державної премії України в галузі науки і техніки за розробку і промислове впровадження конструкції зварювально-катаної башти танка, завдяки якій



Вручення Державної премії в галузі науки і техніки Президентом України Леонідом Кучмою, 1995 р.

## Чепурний Анатолій Данилович

держава посіла гідне місце серед провідних світових виробників танків.

У 2000 р. А. Д. Чепурний, на той час голова правління — директор ВАТ «Головний спеціалізований конструкторсько-технологічний інститут», став головним інженером ВАТ «Азовмаш». Самовіддана праця і любов до своєї справи колективу інституту та заводу в поєднанні з технічним чуттям, професіоналізмом, креативним мисленням і управлінським талантом Анатолія Даниловича в наступне десятиліття стали запорукою успішного розвитку машинобудівного виробництва на «Азовмаші».

Під технічним керівництвом і за безпосередньої участі А. Д. Чепурного в той період на «Азовмаші», у співпраці з німецькою фірмою «Kunkel Wagner», був реалізований найважливіший для заводу проект щодо створення і введення в експлуатацію обладнання автоматизованої формування для отримання вагонного литва. Пріоритетними були і розробки в галузі космічної заправної техніки, проектні роботи зі створення міжнародного стартового комплексу «Циклон-4-Алкантара» (Бразилія), що здійснювалися спільно з Державним конструкторським бюро «Південне» під керівництвом Національного космічного агентства України.

Але все ж одним із найбільш вагомих тодішніх досягнень Анатолія Даниловича як керівника стало формування потужного колективу об'єднаного конструкторсько-технологічного інституту ВАТ «Азовмаш» — ВАТ «ГСКТІ», що займається розробкою усього спектру виробленої заводом продукції як оборонного, так і загальногромадянського призначення. Унікальність і високий статус ВАТ «ГСКТІ» як центру інженерних ідей і сучасних технологій був підтверджений не тільки багаторічною практикою, але й атестацією Міністерства промислової політики України. Заводський інститут віднесли до вищої групи «А» наукових організацій країни, що визначають державну науково-технічну політику. ВАТ «ГСКТІ» був головною організацією України зі створення авіаційної заправної техніки і систем централізованої заправки літаків і вертольотів; систем космічної заправки; автозаправників і автомобільних цистерн для транспортування нафтопродуктів і зріджених газів; проектування гірничорудного і кранового устаткування, автоклавів та посудин, що працюють під тиском; конвертерного обладнання та ін.

У 2005 р. вперше в історії країни при цьому заводському інституті була створена спеціалізована вчена рада із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальностями «Машинознавство» і «Технологія машинобудування», головою якого став д-р техн. наук, проф. А. Д. Чепурний.

В одній зі своїх доповідей, виголошеній на Міжнародній науково-практичній конференції «Відкритий діалог: влада, держава й громадянське суспільство. Стабільний розвиток навколишнього середовища в Україні», що проходила в Маріупольському державному гуманітарному університеті, Анатолій Данилович зазначив: «Наше виробництво налаштоване не тільки на те, щоб залишатися лідером машинобудування України, а й щоб кожний працівник дихав свіжим повітрям і не боявся за своє здоров'я». Ці слова вмиль привернули увагу громадськості, представників прикладної та академічної науки, міжнародних фінансових кіл, парламенту і уряду України, керівників центральних органів виконавчої влади, працівників центральних і місцевих ЗМІ та простих жителів. Досить короткий, проте надзвичайно змістовний виступ Анатолія Чепурного

порушував найголовнішу проблему будь-якого виробництва — здоров'я працівників підприємства. Її вирішення насамперед передбачає створення нової техніки і збільшення обсягів її випуску. Тому «Азовмаш» під майстерним керівництвом Анатолія Даниловича, з метою утримання лідерських позицій у вітчизняному машинобудуванні, основний акцент зробив на освоєнні та випуску принципово нової техніки, яка не поступалася світовим аналогам. При цьому охорона навколишнього середовища вважалася пріоритетною, адже А. Д. Чепурний, як головний інженер, бачив своє завдання на рівні створення нових технологій, нових напрацювань і нових виробів ні на йоту не відступити від реалізації природоохоронних програм.

Ще будучи молодим спеціалістом, без гучних посад і звань, у складі радянської делегації Анатолій Данилович відвідав американський Піттсбург — найбільший металургійний центр і сталеливарну столицю США. Його, як фахівця, вразив той факт, що в будівлі чавуноливарного цеху всі чотири домни були вимкненими з циклу. У подиві він запитав супровідника: «Чому всі чотири домни призупинили? У нас, в Маріуполі, домни зупиняють по черзі: одну вимикають, припустимо, на ремонт, а решта працюють». На що йому відповіли: «Містер Чепурний, Ви помиляєтеся! Всі, без винятку, домни працюють». Але він не помітив навіть струмків білого диму над агрегатами, не кажучи вже про викиди. А коли зайшов у конвертерний цех, був вражений ще більше. Там якраз проводилося продування киснем найпотужнішого конвертера ємністю 250 т. Анатолій Данилович побачив колосальні викиди біля основних вентиляторів. Як нині згадує, що, навіть, ніде правди діти, зрадив тому, що стане свідком неприпустимих викидів у атмосферу — безпосереднього порушення природоохоронного законодавства Штатів,



Нагородження золотою медаллю НАН України за досягнення в сфері науки, 2014 р.

## Чепурний Анатолій Данилович

80

ВИНАХІДНИКИ УКРАЇНИ

збагне, як насправді керівництво підприємства дбає про здоров'я трудящих і жителів міста. Коли А. Д. Чепурний разом із представником сталеливарної компанії з охорони праці вийшов із конвертерного цеху, перед ним постала та ж картина — жодної цівки диму, навіть найменшого сліду того, що тут зосереджено найпотужніше сталеплавильне виробництво. Він цілісний день провів на металургійному комбінаті, а коли прийшов до готелю, зауважив, що його білосніжна сорочка залишилася такою ж чистою, якою була вранці. Це приклад, якому варто слідувати.

Безперечно, цей важливий досвід Анатолій Данилович не залишив поза увагою і послідовно впроваджував його на «Азовмаші». Бронетранспортери, кращі в світі танки Т-84, виготовлені з високоміцної броньованої сталі, створювалися саме на «Азовмаші». Також на підприємстві вироблялося багато вагонного пічного литва та виробів високої міцності й надійності, зокрема вагонних візків і балок. Металургійне виробництво «Азовмашу» унікальне. Першочерговим завданням підприємства було не за будь-яку ціну утримувати позиції лідера машинобудування України та СНД, а щоб кожний конструктор, технолог і робітник — усі дихали свіжим повітрям і не побоювалися за своє здоров'я. Найменше порушення в технологічному ланцюжку, пов'язане зі збільшенням шкідливих викидів, у стислі терміни ліквідувалося. Причому ці заходи завжди виконувалися на всі сто відсотків.

Після поділу металургійного заводу імені Ілліча, «Азовмашу» дістався дуже складний спадок, так званий «Майданчик Б» — колишній завод «Нікополь-Провіданс». Першим кроком реорганізованого підприємства стала заміна мартенівського виробництва; було залишено тільки одну дугу п'ятитонну піч, яка практично не давала викидів. Секрет — у застосуванні геніального винаходу Приазовського державного технічного університету — «Фільтр Немцова». Таким чином, машинобудівники вирішили проблеми екології та викидів шкідливих сполук у навколишнє середовище конкретно на «Майданчику Б».

Анатолій Данилович вважає, що досягти екологічно чистого виробництва можливо тільки за допомогою впровадження сучасних прогресивних технологій. Він часто посилається на авторитетний висновок Героя України, академіка, керівника Донецького онкологічного центру Григорія Васильовича Бондаря, який із жалем констатує, що в Маріуполі 42% шкірних захворювань викликаються шкідливими викидами в атмосферу. Ці викиди вражають навіть селян приміських господарств, які працюють в полі, викликаючи страшне захворювання — рак шкіри.

Іншими словами, питання екології тісно переплітаються з питаннями впровадження нових технологій. Встановивши нову, сучасну лінію, на «Азовмаші» було виконано головне завдання — створення безпечних умов для людей, які працюють у цехах. Адже 99,9% викидів не потрапляють у повітря — це найвищий рівень очищення!

Слід сказати, що більшістю своїх здобутків, зокрема на «Азовмаші», А. Д. Чепурний завдячує Борису Ізраїлевичу Медовару — визначному зварювальнику та металургу, доктору технічних наук, професору, академіку АН УРСР. Цей наставник багатьох нині знаних в Україні, а також далеко за її межами висококласних спеціалістів металургійної галузі зробив великий внесок у створення на маріупольському промисловому гіганті (Жданівський завод важкого машинобудування, ВО «Ждановтяжман», концерн «Азовмаш») унікальних виробів машинобу-

дування на основі розробки і застосування передових зварювальних і металургійних технологій. Так, під керівництвом і за безпосередньою участю цього непересічного вченого, в 1960–2000 рр. на Жданівському заводі важкого машинобудування (ЖЗВМ) було виконано низку значущих пошукових науково-дослідних і експериментально-промислових робіт у галузі зварювання, металургії і машинобудування, результатом яких і стало таке, без жодних перебільшень, революційне відкриття. Будучи безпосереднім учасником Великої Вітчизняної війни, під час проходження служби на фронті в діючій Радянській Армії, а також одним із учасників, разом з іншими Патонівцями, виробництва легендарного танка Т-34 на Нижньо-Тагільському заводі під час війни, Борис Ізраїлевич багато уваги надавав технологіям, що використовуються у виробництві виробів спеціального призначення. Деякі з них були реалізовані в мирний час, про які вже відомо і неодноразово повідомлялося в найрізноманітніших джерелах масової інформації. Йдеться про постачання Україною Пакистану в 1996–1999 рр. партії танків Т-84 в кількості 320 штук. Контракт, сторонами якого були також Росія (Т-90), Німеччина («Леопард II») та ін., був підписаний тільки завдяки тому, що виготовлена в зварювально-катаному виконанні башта танка при випробуваннях на етапі тендерного зіставлення показала переваги порівняно з конкурентами. А роботи зі створення такої конструкції проводилися заводом та Інститутом електрозварювання імені Є. О. Патона заздалегідь до підписання контракту протягом більше ніж п'ять років. З метою подальшого розвитку без перебільшення вражаючих технологій, на «Азовмаші» було засновано Школу Б. І. Медовара.

В 1959 р., коли ЖЗВМ виокремився зі складу металургійного комбінату імені Ілліча (мав декілька дрібних цехів), керівництвом країни було поставлено завдання зі створення виробництва цистерн для перевезення компонентів ракетного палива. Через деякий час завод перетворився на потужне машинобудівне підприємство, ставши флагманом машинобудування СРСР і одним із найбільших машинобудівних концернів Європи, продукція якого постачалася більше ніж в 40 країн світу.

У період свого розквіту «Азовмаш» вийшов на рівень таких машинобудівних велетнів, як «Уралмаш», Ново-Краматорський машинобудівний завод, за деякими показниками значно перевищуючи своїх конкурентів. Чисельність працівників становила близько 38 тис. осіб з територією промислового майданчика 320 га (машинобудівна галузь) і 80 га (металургійне виробництво).

Це стало можливим завдяки створенню великої кількості унікальних виробів машинобудування, а також застосуванню для їх виробництва передових технологій і устаткування. Завод співпрацював з понад 40 науково-дослідними інститутами і конструкторськими бюро, такими як ВНІІМЕТМАШ, ЦНІІТМАШ, «Прометей», КБ «Південне», ХКБМ ім. Морозова, ЦНІІЧМ та ін. Але найбільш ефективною, як було визнано в той час, була спільна



Б. І. Медовар — науковий керівник і наставник А. Д. Чепурного

## Чепурний Анатолій Данилович

робота заводу з Інститутом електрозварювання імені Є. О. Патона (ІЕЗ ім. Є. О. Патона) АН УРСР. Роботами від інституту в той час керував особисто акад. Б. Є. Патон, а відповідальним за організацію і виконання запланованих програм і заходів був акад. Б. І. Медовар.

У 1965–1970 рр. КПРС і урядом країни було поставлено завдання за короткий термін істотно збільшити обсяги виробництва хімічної промисловості. У зв'язку з цим виникла необхідність створення комплексу високоефективного спеціалізованого обладнання, найважливішими у складі якого є реактори для переробки нафтопродуктів (гідроочищення і риформінгу).

Товстостінні біметалеві реактори — це посудини високого тиску, що працюють в складних умовах спільного впливу таких факторів, як високі температури і тиск, агресивне середовище і перепади температур. Наприклад, реактори риформінгу, призначені для проведення реакції риформінгу нафтопродуктів у середовищі водневомісного газу в шарі каталізатора, працюють при тиску 2,3–4,9 МПа і температурі 480–540 °С. При регенерації ці параметри дорівнюють відповідно 1,0–2,0 МПа і 500–540 °С. У реакторах гідроочищення дизельних палив, крім високих тисків і температур, має місце взаємодія матеріалу корпусу посудини з воднем, що може спричинити крихкість металу. Тому для виготовлення посудин високого тиску доцільно застосовувати біметал, який вирізняється достатньою міцністю, здатністю протистояти високим тискам і температурам та одночасно мати високу корозійну стійкість.

Для створення реакторів використовується біметал з корозійностійким шаром із аустенітної високолегованої сталі (наприклад, 08X18H10T) і основним — з теплостійких сталей (наприклад, 12XM, 20X2M). Застосування плакуючого шару з аустенітної сталі, крім корозійної стійкості, забезпечує захист основного шару від насичення воднем у процесі експлуатації реакторів.

Конструктивно реактори виготовляються у вигляді вертикальних циліндричних штампо-зварювальних апаратів з напівкульовим або еліптичним днищем. Біметалічні штампо-зварювальні корпуси легко встановлюються на конічні опори, прикріплені анкерними болтами до бетонних постаментів. Зовнішній діаметр реакторів може досягати 4000 мм, висота — 16 м, маса — 150 т, товщина стінки — 150 мм і більше.

Основною проблемою при виробленні цих апаратів є створення якісного біметалу, що відповідає високим вимогам експлуатації. Для забезпечення потрібних властивостей у кожному конкретному випадку необхідно застосовувати біметал, що складається з різних поєднань матеріалів, часто несхожих за фізико-хімічними властивостями. Тому при створенні того чи іншого біметалу доводиться вирішувати безліч складних технічних і технологічних проблем. Для виробництва біметалевих штампо-зварювальних корпусів необхідні великогабаритні біметалеві листи товщиною до 300 мм.

У СРСР на той час не існувало виробництва біметалу. Весь метал купувався за кордоном, здебільшого в Японії, але він не завжди міг використовуватися за призначенням через низку причин, таких як мінімальний розмір аркуша, його невелика товщина, відсутність необхідних марок сталей тощо.

За розробку промислової технології виробництва біметалу взявся ІЕЗ ім. Є. О. Патона. Всі пошукові та експериментальні роботи проводилися на ВО «Ждановтяжмаш», товстолістовому стані ЛП-4500 металургійного комбінату імені Ілліча в м. Маріуполі. В результаті численних досліджень і дослідно-промислової перевірки, ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР спільно з ВО «Ждановтяжмаш» і Жданівським металургійним комбінатом імені Ілліча, на основі автовакуумного зварювання тиском, було створено промислову технологію виробництва товстолістового біметалу товщиною до 170 мм шляхом прокатки несиметричних пакетів з основним шаром зі сталей марок 09Г2С, 12XM, 20X2M, 1X2H1M і плакуючим — зі сталі марки 08X18H10T, герметизованих по периметру звареним швом.

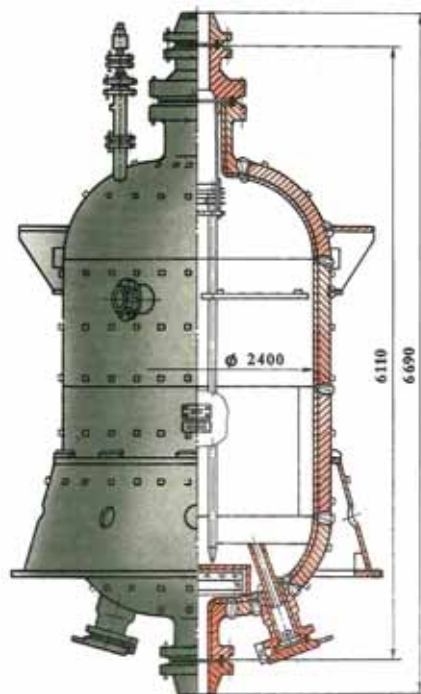
Виробництво товстостінних біметалевих посудин пов'язане з великою кількістю технологічних операцій, для виконання яких потрібно забезпечити високотемпературний нагрів біметалу з подальшою гарячою деформацією. До таких технологічних операцій слід віднести штампування, вальцювання та калібрування. Цим операціям може передувати нагрів біметалу, наприклад, при відпуску після зварювання виробу. Все це призводить до посилення дифузійного переміщення вуглецю в зоні зварювання різнорідних сталей і може супроводжуватися утворенням у ній тендітних структурних прошарків. У зв'язку з цим при освоєнні технології виготовлення штампо-зварювальних посудин досліджувався вплив багатьох технологічних факторів, зокрема таких як нагрів під штампування (вальцювання), термічна обробка металу, зварювання та ін. Результати досліджень були покладені в основу технологічних рекомендацій, інструкцій і успішно реалізовані в серійному виробництві.

Гаряча обробка біметалу (штампування, вальцювання, правка, калібрування) неприпустима при температурі нижче ніж 800–900 °С, оскільки існує небезпека відриву плакуючого шару. Такі технологічні операції необхідно проводити при температурі не нижче ніж 950 °С. Після гарячої деформації доцільна нормалізація при температурі 950–975 °С з охолодженням на повітрі.

У тих випадках, коли неможливо провести нормалізацію, допускається відпуск при температурі 525–550 °С, витримка 20–25 год. з охолодженням на повітрі.

При виготовленні товстостінних посудин і апаратів широко використовується електрошлакове або автоматичне зварювання під флюсом.

Усі технологічні варіанти зварювання товстолістового металу, як відомо, побудовані на принципі роздільного зварювання основного і плакуючого шарів, причому насамперед рекомендується зварювати основний вуглецевий шар, а потім вже плакуючий аустенітний. Таким



Реактор для переробки нафтопродуктів (гідроочищення і риформінгу)

## Чепурний Анатолій Данилович

чином, вдається легко уникнути попадання у вуглецевий шов легуючих елементів з аустенітного облицювання, що гарантує якість і високі механічні властивості зварювального з'єднання. Вибір варіанту зварювання біметалевих посудин залежить від багатьох причин: розмірів виробу, його товщини, розташування швів у просторовому положенні, застосовуваних матеріалів, необхідності попереднього і супутнього підігріву, а також можливості механічної обробки окремих зварювальних вузлів і виробів загалом.

Створені товстостінні штампо-зварювальні посудини з біметалу за розробленою і освоєною спільно ІЕЗ ім. Є. О. Патона і ВО «Ждановтяжмаш» технологією успішно експлуатуються і нині на багатьох нафтопереробних заводах колишнього Радянського Союзу і в дружніх країнах (Московський НПЗ, Чимкентський НПЗ, Мозирський НПЗ, Ярославський НПЗ, в Польщі, Угорщині та ін.), а також на багатьох морських суднах як атомні реактори.

У період виконання широкомасштабних космічних програм в СРСР виникла гостра потреба криогенної техніки. Це було пов'язано з тим, що нові завдання щодо освоєння космосу вимагали створення принципово нових рідинних реактивних двигунів з великою одиничною потужністю, які потребували на певних етапах технології застосування криогенних рідин. Виконання цих завдань було неможливим без наявності спеціальних посудин, здатних витримувати низькі температури (від  $-100$  до  $-273$  °С), високий тиск, термічні і силові знакозмінні навантаження, а також вплив агресивних криогенних рідин. Створення таких посудин для зберігання рідкого кисню при температурі  $-196$  °С під тиском 700 атм. на запит КБ «Енергія» було доручено ЖЗВМ. Аналогів подібних виробів не було в практиці не тільки вітчизняного, але й світового машинобудування. Попередні розрахунки показували: товщина стінки посудини повинна бути не менше ніж 150 мм. Але при таких товщинах, навіть за умови початкового заповнення посудини рідким киснем, температурний градієнт по товщині стінки корпусу створював температурні напруги, які перевищували межу текучості металу, що, звичайно, вело до руйнування корпусу посудини навіть при атмосферному тиску. Виникла необхідність створення нових підходів і нових технологій отримання якісного металу.

В ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР була запропонована принципово нова технологія отримання товстостінних посудин, заснована на застосуванні методу електрошлакового лиття (ЕШЛ), яка дозволяє виплавити метал високої якості (подібно електрошлаковому переплаву) і одночасно отримувати виливки для виробів складної форми. Шлакова ванна, температура якої зазвичай на  $150$ – $220$  °С перевищує температуру плавлення металу завдяки теплу, що виділяється в ній при проходженні електричного струму, плавить сталеві електроди і одночасно рафінує рідкий метал від шкідливих домішок. Та ж шлакова ванна служить надійним захистом рідкого металу від окиснення при заповненні ним форми (кристалізатора).

У цій ситуації заводськими фахівцями спільно з вченими ІЕЗ ім. Є. О. Патона з урахуванням наявності на ЖЗВМ унікальної печі УШ-100 було прийнято рішення застосувати для виготовлення елементів корпусів криогенних посудин метод ЕШЛ. Цей метод, вдало поєднуючи переваги електрошлакового переплаву та лиття, забезпечує високу чистоту металу, його щільність та ізотропність властивостей і, отже, здатний забезпечити необхідну якість вихідних великотоннажних порожнистих заготовок для криогенних посудин. З огляду на те, що техніка ЕШЛ в рухомому кристалізаторі порожнистих заготовок діаметром 700/350 мм і довжиною 2,5 м не мала на той період аналогів у практиці світового машинобудування, багато технологічних питань вирішувалося безпосередньо під час дослідницьких плавок. Уже перша промислова плавка заготовки зі сталі марки 12Х18Н10Т виявила дуже серйозну проблему, для вирішення якої потрібні були знання і досвід у сфері теорії металургійних процесів. Справа в тому, що в процесі переплавки цієї сталі під стандартними флюсами відбувається «чад» титану, і в металі виливки він практично відсутній, що позбавляє виготовлену сталь необхідних властивостей. Тож потрібно було створити абсолютно новий флюс, що б забезпечував незмінність змісту легуючих елементів у сталі 12Х18Н10Т в процесі ЕШЛ. Шляхом проведення серії дослідних лабораторних плавок рішення було знайдено і склад нового флюсу, розроблений з ІЕЗ ім. Є. О. Патона, успішно впроваджений при виплавці натурних заготовок.

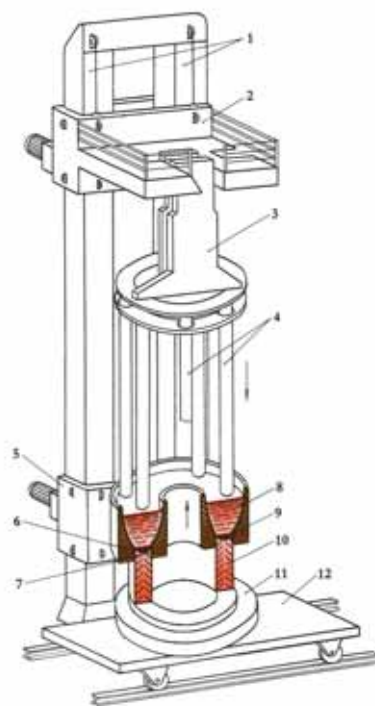
Крім освоєння технології одержання виливків криогенної посудини, фахівцями ІЕЗ ім. Є. О. Патона і ЖЗВМ були успішно вирішені всі проблеми стосовно створення виробів, включаючи зварювання, термообробку та випробування (з термоцикуванням).

Електрошлакова технологія успішно застосовувалася на ЖЗВМ і при створенні підприємств металургійної промисловості.

Як відомо, в машинобудівному виробництві виготовлення поковок масою до 1,5–2 т пов'язане зі значними труднощами. Тому доцільно там, де це можливо, замінювати кований метал литим електрошлаковим.

ВО «Ждановтяжмаш» спільно з ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР виконано великий комплекс досліджень із відпрацювання техніки і створення технологією ЕШЛ заготовок багатьох деталей, у тому числі цапф і цапфових плит сталерозливних ковшів, які раніше, як правило, виготовлялися з поковок.

Згідно з новою технологією, ЕШЛ злитків зі сталі 20Ш і 35Ш проводиться за однофазною схемою на печі У-360г і на печі УШ-100 за біфілярною схемою. Застосування ЕШЛ дозволило скоротити низку технологічних операцій, необхідних під час виготовлення цапфових плит з поковок, а також отримати злитки з гладкою зовнішньою поверхнею — без гофр, стягнень та зашлаковок. При ультразвуковій дефектоскопії таких злитків було



Застосування методу електрошлакового лиття для виробництва посудини високого тиску

## Чепурний Анатолій Данилович

підтверджено високу якість лиття електрошлакового металу, що дозволило організувати їх серійне виробництво.

У машинобудуванні великі пресові і молотові штампи гарячого штампування здебільшого виготовляються методом кування. Ця технологія має багато недоліків. Якість заготовок штампів, особливо великих, виплавлених у відкритих сталеплавильних агрегатах, невисока, хоча в процесі подальшої гарячої пластичної деформації може покращитися. Однак, зі збільшенням рівня обтиску злитка, збільшується й анізотропія механічних властивостей сталі через наявні металургійні дефекти, зокрема неметалічних включень, які витягуються вздовж напрямку деформації. Це призводить до підвищення пластичності і в'язкості сталей з перлітною структурою в поздовжньому і зниження цих властивостей у поперечному напрямках.

При виготовленні штампів з поковок, у процесі механічної обробки гравюр, хвостовиків і замків волокна поковок неминуче перерізаються, в результаті чого знижується міцність цих ділянок штампа. Крім того, робочі ділянки штампа можуть припадати на менш опрацьовані куванням глибинні шари поковки, що нерідко мають дефекти металургійного характеру.

Ковані заготовки виготовляються з великими припусками (від 30 мм — на невеликих штампах, до 200 мм — на великих). Після зняття за допомогою механічної обробки цих припусків, поковки часто містять поверхневі та внутрішні дефекти, усунути які дуже складно.

Метод ЕШЛ відкрив нові можливості у виробництві штампів різного призначення. При ЕШЛ метал, що переплавляється, заповнює внутрішню порожнину кристалізатора, форма якої близька до форми готового штампа.

Завдяки сприятливим умовам кристалізації і рафінування металу шлаком у процесі ЕШЛ, литий електрошлаковий метал штампових заготовок має високу хімічну і фізичну однорідність, ізотропність механічних властивостей, високу чистоту та щільність, характеризується відсутністю ліквідаційних дефектів.

Головною перевагою фасонних литих штампових заготовок є висока якість робочих ділянок штампа, обумовлена направленою кристалізацією та сприятливим орієнтуванням кристалітів щодо застосованих зусиль, а також меншою водонепроникністю більш щільного металу ЕШЛ. Литий електрошлаковий метал, порівняно з металом відкритої виплавки, має набагато менше субмікродефектів і дефектів кристалічної ґратки, що є своєрідними каналами для дифузії водню, який утворюється при розкладанні змазки в процесі штампування.

Стійкість штампів, особливо великих (пресових і молотових), значною мірою визначається наявністю тріщин розпалу. Литі штампи ЕШЛ, на відміну від кованих з металу відкритої виплавки, мають більш високу стійкість супроти розгарних тріщин, оскільки в них відсутні грубі строчечні (сульфідні) включення, а границі зерен більш чисті.

ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР спільно з низкою заводів проводив дослідно-промислові роботи стосовно виготовлення штампів гарячого штампування різного призначення на основі використання технології ЕШЛ. Одним із перших заводів важкого машинобудування, на якому було організовано виробництво штампів ЕШЛ, став ВО «Ждановтяжмаш», де на електрошлакових печах типу У-360Г і У-360Д здійснювалася електрошлакова виливка різних машинобудівних заготовок.

Литі штампові заготовки ЕШЛ за формою можуть бути максимально подібними до готового штампа, тому що металом заповнюються спеціальні поглиблення в бічних стінках кри-

сталізатора. В результаті цього скорочується верстатний час на механічну обробку, додатково підвищується якість штампів завдяки більш сприятливій спрямованій кристалізації таких важливих для експлуатації частин штампа, як хвостовик і замкова частина. При цьому забезпечується значна економія металу.

Дрібні й середні штампи, виготовлені методами відкритої виплавки, виходять із ладу через зминання гравюри й появи тріщин розпалу. У великих багатоструменевих штампах (маса падаючих частин молота — 5 т і більше, маса штампа — понад 1 т) нерідко спостерігаються несправності у місцях розташування хвостовиків і замків. Основною причиною цих поломок є низька якість вихідного металу відкритої виплавки (30% великих молотових штампів кованим металом відкритої виплавки бракується при наявності цього виду дефектів). У випадку застосування ЕШЛ такі пошкодження відсутні.

Досвід експлуатації показав, що стійкість штампів ЕШЛ у середньому в 1,2–1,5 рази вища за стійкість штампів, виготовлених із кованим металом відкритої виплавки. При цьому розгарні тріщини на робочих ділянках штампа ЕШЛ спостерігаються значно рідше і менших розмірів, ніж на кованих штампах зі сталі відкритої виплавки.

Спеціальні дослідження вирізаних зі штампів зразків металу ЕШЛ на зношування й твердість при підвищеній температурі, а також на стійкість проти утворення тріщин розпалу, які є показниками, що визначають стійкість сталі, підтвердили, що з огляду на ці характеристики якість металу ЕШЛ перевищує якість кованим металом відкритої виплавки.

Ще однією перевагою технології ЕШЛ є можливість одержання гетерогенних (біметалічних) штампів, у яких тільки робоча частина виготовляється з теплостійкої штампової сталі, наприклад типу 4Х5МФС, 4ОХСМНФ, 3Х3М3Ф та ін., що вирізняються високою вартістю, а інша частина — з нижчої за ціною штампової сталі, наприклад типу 5ХНМ або конструкційної, приміром 40Х, сталі 45. При цьому біметалічні штампові заготовки мають плавну зміну хімічного складу в перехідній зоні.

Виробництво біметалічних штампів ЕШЛ виявилось найбільш перспективним напрямом, тому що воно дає можливість підвищити стійкість штампів і одночасно знизити небезпеку крихких руйнувань завдяки демпфіруючому впливу менш легкого в'язкого шару. Крім того, досягається значна економія високолегованих матеріалів.

Результати випробувань біметалічних штампів, виготовлених за технологією, розробленою ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР спільно з ВО «Ждановтяжмаш» показали, що їхня стійкість вища за стійкість гомогенних штампів.

Продуктивність прокатних станів, а також якість прокату насамперед визначаються якістю прокатних валків. Багаторічна експлуатація прокатних валків виявила, що для їх виготовлення доцільно використовувати метал електрошлакового переплаву (ЕШП). При цьому підвищується якість, надійність і стійкість валків.

Аналіз роботи опорних валків листопркатних станів, горизонтальних і вертикальних валків обтискних станів показує, що однією з причин частого виходу валків з ладу є нерівномірне зношування їх по довжині бочки, що призводить до зменшення довжини контакту й збільшення тиску в контактній зоні опорного й робочого валків. Саме тому потрібні часті перевалки й переточування валків, що неминуче спричиняє зниження продуктивності прокатних станів.

ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР і ВО «Ждановтяжмаш» спільно зі Жданівським металургійним інститутом і Московським

## Чепурний Анатолій Данилович

84

ВИНАХІДНИКИ УКРАЇНИ

інститутом сталі й сплавів на основі методу ЕШЛ розроблено технологію вироблення заготовок бандажів валків зі змінним хімічним складом по довжині бочки для станів холодної прокатки.

Порожні заготовки бандажів валків виготовлялися методом ЕШЛ у рухливому водоохолоджувальному кристалізаторі діаметром 710 мм із водоохолоджувальним дорном діаметром 310 мм.

Виплавка заготовок бандажів валків зі змінним хімічним складом по довжині бочки здійснювалася шляхом переплаву складових по висоті витратних електродів, набраних із заготовок різного хімічного складу, а також шляхом переплаву витратних електродів постійного по довжині хімічного складу із введенням при ЕШЛ легуючих добавок, кількість яких вибирали залежно від необхідного закону зміни зносостійкості.

Дослідження бандажів ЕШЛ показало, що макроструктура литого металу щільна, дефектів типу пор, тріщин та флокенів не виявлено. Литий електрошлаковий метал чистіший за ковани сталь відкритої виплавки, у ньому значно менше затримується неметалічних включень, газів і шкідливих домішок. Окрім цього, метал ЕШЛ має більш низьку чутливість до термічних ударів, а також більш високий опір контактної втоми. Вказані фактори й обумовлюють більш високу стійкість бандажів ЕШЛ валків порівняно зі стійкістю кованих бандажів з металу відкритої виплавки. Нова технологія ЕШЛ бандажів із заданим законом зміни хімічного складу металу по довжині бочки була успішно застосована на виробництві.

У машинобудуванні при виготовленні валків великотоннажних прокатних станів, роторів, турбін тощо використовуються поковки масою більше ніж 300 т.

Для виготовлення поковок масою 300–350 т необхідний злиток масою приблизно 500 т і діаметром 4000 мм. Вітчизняна промисловість може виготовляти обмежену кількість поковок масою не більше ніж 120–150 т з 300-тонного злитка левованої сталі.

Освоєння виробництва великих заготовок методами традиційної металургії пов'язане з вирішенням комплексу складних науково-технічних і технологічних проблем. Основні труднощі полягають не так у створенні унікального металургійного й технологічного устаткування, як у забезпеченні високої якості заготовок. Це пов'язано з тим, що при кристалізації у виливниці для величезної кількості рідкого металу характерний інтенсивний розвиток зональної та позацентральної ліквідації елементів, утворення усадкових тріщин і порожнин, що часто розташовуються поблизу поверхні злитків. Багато таких дефектів при куванні не усуваються і можуть призвести до руйнування виробів при виготовленні та експлуатації.

За умови збільшення маси злитка виникає необхідність оснащення підприємства новим вантажопідйомним обладнанням відповідної потужності, гігантськими термічними печами й кувальними пресами. Тому одержання великотоннажних заготовок із одного злитка перетворюється у проблему високого рівня складності. Зазначені труднощі не виникають у випадку використання іншого методу виготовлення великотоннажних деталей, при якому такі деталі виконуються у вигляді збірних конструкцій із механічним кріпленням складових частин (наприклад, збірні ротори генераторів, складальні підшампові плити, бандажні опорні валки прокатних станів). Надійність цих деталей звичайно нижча за надійність цілих, тому машини з такими деталями мають обмежену сферу застосування.

Технологія ЕШП, розроблена в Радянському Союзі, дозволила підняти на новий якісний щабель виробництво сталевих

злитків. Для виробництва унікальних великотоннажних заготовок була запропонована принципово нова технологія, яка передбачає їх виготовлення з поковок меншої маси зварюванням і куванням. Таким чином, організація виробництва заготовок будь-яких розмірів і маси можлива без значних додаткових витрат на металургійне й кувальне устаткування. Підвищення якості заготовки при цьому досягається в результаті використання неважких поковок із металу відкритої виплавки. Найбільш доцільним є застосування електрошлакового металу.

Сталі для великотоннажних заготовок валків, штампів та інших великих виробів, що мають високий вміст вуглецю (0,5–1,2%), леговані нікелем, хромом, молібденом, ванадієм тощо, належать до незварювальних матеріалів. Основними дефектами при їх зварюванні є кристалізаційні (гарячі) і гартівні (холодні) тріщини. Запобігання появи холодних тріщин зазвичай забезпечується шляхом попереднього й супутнього нагрівання виробу. Запобігти утворенню гарячих тріщин при зварюванні великих перетинів дуже складно. Одним із прийомів ремонту виробів з високовуглеводних сталей є застосування зварювальних електродів з низьким вмістом вуглецю. Однак це неприпустимо при зварюванні великотоннажних заготовок, оскільки в такому випадку не забезпечується гомогенність хімічного складу й властивостей (насамперед, твердості робочої поверхні) заготовки.

Проблема зварювання великих заготовок із високовуглеводних сталей вирішена за допомогою нового способу — електрошлакового зварювання з кусковими присадними матеріалами (ЕШС КПМ), розробленого ІЕЗ ім. Є. О. Патона АН УРСР спільно з ВО «Ждановтяжмаш».

ЕШС КПМ виконується при нерухомо встановлених вздовж усього зварювального зазору електродах, які в процесі зварювання плавляться, а в простір між ними у зону шлакової ванни подаються кускові матеріали у вигляді дробу, куль або інших частинок. Шляхом уведення у рідкий метал через шлакову ванну великих твердих частинок (до 40 % маси шва) вдалося одержати дезорієнтовану, здрібнену, армовану введеними частинками структуру металу шва, що виключає появу кристалізаційних тріщин.

Технологія зварювання ЕШС КПМ була впроваджена при виготовленні ковано-зварювальних робочих валків зі сталі 50ХН для товстолистового стана гарячої прокатки ЛП-4500. Також вона зумовила появу можливості створення надгабаритних заготовок практично необмеженої ваги, які б могли використовуватися при будівництві стана «5000» та ін.

Зазначена технологія була закуплена багатьма високорозвиненими країнами Європи (12 патентів), зокрема такими як фірма «Тіссен» та ін.

На базі цього електрошлакового процесу на ВО «Ждановтяжмаш» була розроблена й освоєна одна з унікальних технологій — електрошлакове підживлення із застосуванням КПМ, що дозволяє одержувати великотоннажні виливки важливого призначення без прибуткових частин і усадкових раковин.

Товстолистова сталь — основний конструкційний матеріал у машинобудуванні. Якість, надійність і довговічність величезної кількості машин і агрегатів, таких як крани, преси, конвертери, ковші, станини прокатних станів і металорізальних верстатів, платформи важких автосамоскидів і піддизельні рами тепловозів, посудини високого тиску та інші важливі вироби, значною мірою визначаються якістю товстолистового прокату.

## Чепурний Анатолій Данилович

У процесі освоєння й впровадження технології ЕШП, на «Азов-маші» спільно з ІЕЗ ім. Є. О. Патона виконувався комплекс робіт з опанування нових марок низько- і середньо легованих товстолистових сталей ЕШП, а також розробки нових технологічних процесів їх отримання, що забезпечують не тільки подальше підвищення якості металу ЕШП, але й зниження його вартості.

Наставник та науковий керівник Анатолія Даниловича Б. І. Медовар займався поліпшенням якості не тільки із застосуванням електрошлакової технології. Він, спільно з низкою маріупольських заводів, насамперед «Азовсталь», за участю «Азовмашу», запропонував для промислового виробництва технологію одержання нового конструкційного матеріалу — армованого квазімонолітного металу, властивості якого в литому стані відповідали рівню властивостей деформованого, а прокат з нього за якістю не поступався металу ЕШП.

Суть нової технології полягала в тому, що за допомогою введення спеціальної конструкції армуючих вкладишів у розплавлений метал при виливку злитків вдалося цілеспрямовано впливати на процес кристалізації металу в злитку, що забезпечувало зниження його хімічної й структурної неоднорідності та, як наслідок, підвищення механічних і службових характеристик.

Дослідно-експериментальні роботи проводилися в умовах діючого мартенівського цеху ЖЗВМ. Великий обсяг НДР, виконаних за участю вчених ІЕЗ ім. Є. О. Патона та Жданівського металургійного інституту, дозволив уперше створити й опрацювати у виробничих умовах технологію одержання великотоннажних цільнолитих сталевих і чавунних корпусів транспортних контейнерів (ТК) для перевезення й зберігання випробуваного ядерного палива. 12 квітня 1985 р. в мартенівському цеху ВО «Ждановтяжмаш» уперше в світі був відлитий порожній АКМ-сталевий злиток масою 100 т.

Застосування АКМ-металу забезпечило відчутний економічний ефект у виробництві транспортних контейнерів, призначених для перевезення відпрацьованого ядерного палива від АЕС на заводи регенерації. Серійна технологія виробництва корпусів ТК, освоєна на ЖЗВМ у 1977–1978 рр., передбачала виливку чотирьох 39-тонних ковальських злитків із наступним куванням, механічною обробкою отриманих обичайок і зварюванням їх між собою кільцевим швом, а також покриттям внутрішньої поверхні корпуса нержавіючим шаром за складною технологією. Відпрацьована ж у виробничих умовах ЖЗВМ технологія виливки великотоннажних АКМ-злитків з нержавіючим внутрішнім покриттям забезпечила істотне зниження трудомісткості та циклу виготовлення виробів.

У 1986 р. із застосуванням нової технології був виготовлений ТК-10 для Новоросійської АЕС, корпус якого вперше у вітчизняній практиці зібрано з двох великотоннажних порожніх із нержавіючим внутрішнім покриттям АКМ-заготовок, звареним одним кільцевим швом. Тоді ж був виготовлений і відвантажений за адресою вчених м. Дмитровграда (Росія) дослідницький транспортний контейнер ТК-18, корпус якого мав вигляд суцільнолітої чавунної із внутрішнім нержавіючим покриттям порожньої заготовки висотою понад 4 м і зовнішнім діаметром більш як 1,5 м, геометричні обсяги й розміри якої практично відповідали готовому виробу.

Технологія одержання товстолистового АКМ-прокату з поліпшеними службовими характеристиками була також впроваджена у виробництво конвертерів і деталей інших виробів, у

тому числі спеціального призначення. Реалізовані в процесі опрацювання технології технічні рішення були надзвичайно оригінальними, тому багато з них захищено авторськими посвідченнями, а сама технологія дозволила виконати низку практичних виробничих завдань.

Першим виробом на ЖЗВМ, що виготовлявся з АКМ-металу, був конвертер — сталеплавильний агрегат ємністю 300 т для Череповецького металургійного комбінату. Так, застосування АКМ-металу забезпечило зниження трудо- і енерговитрат при виробництві конвертерів на ЖЗВМ. Після всебічного дослідження якості виготовлений конвертер був відвантажений замовникові й на високому рівні працює дотепер.

Всі зазначені технології були успішно реалізовані в серійному виробництві на ВО «Ждановтяжмаш».

Зварювальник за робітничою професією, освітою і сферою наукових інтересів, А. Д. Чепурний завжди особливо уважно ставився до розробок, пов'язаних зі зварювальним процесом.

З 2011 р. і до сьогодні обіймає посаду директора з науково-технічного розвитку керуючої компанії «РейлТрансХолдинг» (м. Москва). Займається створенням та науково-технічним розвитком вагобудівного підприємства ВАТ «Новозибківський машинобудівний завод», розробкою на базі передових зварювальних технологій інноваційних вантажних вагонів і освоєнням їх серійного випуску, керує науково-інженерним центром компанії.

Як інженер, учений і керівник, А. Д. Чепурний пройшов славетний і великий шлях, його називають «батьком» багатьох фірмових «азовмашівських» технологій. Творець у найширшому сенсі цього слова, він завжди виділявся з-поміж інших креативним підходом до справи, сумлінністю, настирністю, вимогливістю до себе й оточуючих.

Характеризуючи Анатолія Даниловича, люди, які його добре знають, відзначають вражаючу працездатність і потужну творчу енергетику цієї непересічної особистості, які ніколи не дозволяють зупинитися на досягнутому. Ним завжди рухає почуття обов'язку і відповідальності, тому він часто бере на себе виконання найскладніших завдань. А внутрішня дисциплінованість і наполегливість, здатність концентруватися на найважливішому допомагають йому досягати поставленої мети і успіху в будь-якій справі.

Заслуги Анатолія Чепурного гідно оцінені державою та науковою спільнотою. Він — повний кавалер ордена «За заслуги», нагороджений багатьма іншими орденами і медалями. Академік Міжнародної інженерної академії, професор Приазовського державного технічного університету, двічі лауреат Державних премій України в галузі науки і техніки, заслужений машинобудівник України. Не залишила без уваги діяльність славного земляка і громадськість Маріуполя — Анатолію Даниловичу було присвоєно звання почесного громадянина міста. Всі нагороди та звання А. Д. Чепурного — плід щоденної і невтомної праці, невпинного творчого пошуку та завзятості задля досягнення поставленої мети.

Сам же Анатолій Данилович вважає, що лівовою часткою своїх успіхів в науці і виробництві він зобов'язаний людям, які оточували його в різні періоди життя: «Любов до праці мені прищепили батьки, відповідальності навчила школа, технікум і трудовий колектив, волю до перемоги і наполегливість виховав спорт, а тягу до нових знань і дослідницької роботи сформували інститут, інженерна практика, а також вчителі і наставники, з якими мені справді неабияк пощастило».