

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**Войтків Станіслав Володимирович**

УДК 621.983.044

**ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ  
ШТАМПУВАННЯ ПАНЕЛЕЙ ОБЛИЦЮВАННЯ КУЗОВІВ АВТОБУСІВ  
НА БАГАТОКОНТУРНИХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСАХ**

Спеціальність 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

Харків–2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор  
**Тараненко Михайло Євгенович**,  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”, м. Харків,  
професор кафедри технології виробництва  
літальних апаратів.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор  
**Драгобецький Володимир Вячеславович**,  
Кременчуцький державний політехнічний університет,  
м. Кременчук,  
професор кафедри технології машинобудування;

кандидат технічних наук, доцент  
**Павленко Віталій Миколайович**,  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”, м. Харків,  
доцент кафедри теоретичної механіки  
та машинознавства.

**Провідна установа** – Державне підприємство “Завод ім. В.О. Малишева”  
Міністерства промислової політики України,  
м. Харків.

Захист відбудеться „11” січня 2006 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.050.10 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий 05.12.2005 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д64.050.10

Бортовий В.В.

### **Загальна характеристика роботи**

**Актуальність теми.** Стан сучасного вітчизняного автобусобудування обумовлений декількома обставинами, що істотно обмежують випуск конкурентноспроможних і відносно дешевих автобусів, вкрай необхідних вітчизняним перевізникам.

У цілому потреби України, Росії й інших країн СНД в автобусах різних класів і різноманітного функціонального призначення оцінюються сумою близько одного млрд. доларів США.

Існуюче виробництво автобусів в Україні зосереджено на восьми заводах, велику частину яких переорієнтовано на виготовлення автобусів з авторемонтних підприємств, що не мають відповідного устаткування для виготовлення автобусів. Відсутність на цих заводах сучасних технологічних процесів та фінансових можливостей для нормального технологічного оснащення виробництва здорожує моделі автобусів, які випускаються на них, погіршує їхній зовнішній вигляд і технічний рівень у цілому.

Слід зазначити, що автобусне виробництво в більшості випадків є дрібносерійним, і цим воно істотно відрізняється від виробництва легкових чи вантажних автомобілів.

Вартість виготовлення кузовів автобусів з листових матеріалів становить істотну частину собівартості всього автобуса.

Між іншим, в Україні існує та використовується цілий ряд технологічних процесів і обладнання для сучасного і ефективного виробництва листових деталей. До них належать процеси електрогідравлічного штампування великогабаритних деталей, пневмударного штампування деталей складних форм, штампування вибухом та ряд інших. Однак конструкції кузовів автобусів, що проектуються, у більшості не відповідають критеріям технологічності, що пред'являються щодо деталей, виготовлюваних з застосуванням таких техпроцесів або іншим вимогам сучасного виробництва.

Таким чином, великі потреби ринку пасажирських перевезень в автобусах різних класів і різного функціонального призначення та відсутність сучасного їх виробництва на підприємствах України, Росії й інших країн СНД, особливості й проблеми сучасного автобусобудування в цілому й нерозвиненість виробничих і технологічних систем в автобусному виробництві зумовлюють **актуальність** теми дисертації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут” (“НАКУ “ХАІ”) у рамках держбюджетної науково-дослідної роботи “Наукові основи створення сучасних технологічних систем аерокосмічної галузі” (Д104-19/03 Д/Р 0103U004094) і госпдоговірної теми “Розробка технологічних процесів і засобів технологічного оснащення для виготовлення кузовних деталей автомобілів” (Г/д № МІНТ-18/2003 від 15 червня 2003 року), в яких здобувач був виконавцем окремих розділів, а також у рамках поточних, тематичних і стратегічних планів проведення дослідно-конструкторських робіт і науково-технічних програм створення й освоєння виробництва автобусів різних модельних рядів на заводах корпорації “Еталон”, де здобувач був одним із ведучих виконавців.

**Мета й задачі дослідження.** *Метою роботи* є підвищення ефективності проектуван-

ня, технологічної підготовки й дрібносерійного виробництва сучасних конкурентоспроможних автобусів шляхом удосконалювання методів і принципів їх створення і технічних систем штампування панелей зовнішнього облицювання їх кузовів.

Відповідно до зазначеної мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

- дослідження і розгляд характерних видів виробничих і технологічних систем штампування панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів і визначення, на основі їхнього аналізу, складу устаткування й оснащення, найбільш придатного до виробничих умов автобусобудування;

- дослідження впливу ступеня уніфікації панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів і відповідного технологічного оснащення на можливість створення декількох модельних рядів автобусів, різних за зовнішнім виглядом з мінімальними термінами і витратами на технічну підготовку виробництва. Оцінка техніко-економічної ефективності функціонування виробничої системи їхнього виготовлення;

- розробка технологічних процесів виготовлення уніфікованих великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузова штампуванням на багатоконтурних електрогідравлічних пресах і визначення критеріїв технологічності таких деталей та їх типових уніфікованих конструктивних елементів. Експериментальні дослідження процесу штампування й уточнення отриманих залежностей для технологічного проектування;

- узагальнення досвіду розробки і дрібносерійного виробництва модельних рядів автобусів різних класів і оцінка впливу розроблених критеріїв технологічності кузовних деталей автобусів і запропонованих технічних рішень, спрямованих на підвищення техніко-економічної ефективності створення і дрібносерійного виробництва автобусів.

*Об'єкт дослідження* – виробнича й технологічна системи виготовлення штампованих деталей кузовів автобусів.

*Предмет дослідження* – технологічні процеси штампування уніфікованих елементів деталей на універсальній оснастці; критерії технологічності великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, які виготовляють методом електрогідравлічного штампування.

*Методи дослідження.* У роботі використано метод порівняльного аналізу для розробки рекомендацій щодо вибору складу виробничої й технологічної систем виготовлення штампованих деталей кузовів автобусів. Функціонально-вартісний метод застосовано при розробці рекомендацій щодо вибору конструктивних рішень панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів і технологічного оснащення для їхнього виготовлення. На основі теоретичного аналізу рівнянь механіки суцільних середовищ формувалися залежності вибору критеріїв технологічності для ряду типових деталей облицювання кузовів автобусів, штампованих на ЕГ-пресах, які надалі уточнені й перевірені експериментально за допомогою електричних методів вимірювання швидкоплинних процесів. Методи математичної статистики використовували для оцінки ефективності прийнятих рішень. Методи проектування і художнього конструювання застосовували при розробці декількох модельних рядів уніфікованих автобусів. Методами випробувань перевіряли конструктивні рішення, обґрунтовані проведеними дослідженнями.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі вперше:

- розроблено класифікацію деталей кузовів сучасних автобусів за конструктивно-технологічними та виробничо-економічними параметрами;
- запропоновано й обґрунтовано принцип уніфікації кузовів автобусів у межах декількох модельних рядів по найбільш складних і трудозатратних у виготовленні великогабаритних панелях їх зовнішнього облицювання;
- обґрунтовано можливість і доцільність більш повного використання принципу уніфікації при технологічному членуванні великогабаритних облицювальних панелей кузовів автобусів та їх штампування на багатоконтурних електрогідравлічних пресах із використанням універсального технологічного оснащення;
- одержано математичну модель, яка описує вплив параметрів уніфікації автобусів та їх кузовів на ефективність виробничої й технологічної систем їх виробництва;
- розроблено нові технологічні процеси відбортовки панелей облицювання кузовів автобусів на багатоконтурних електрогідравлічних пресах та обґрунтовані критерії їх технологічності;
- обґрунтовано й розроблено параметри технологічності великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів та їх типових елементів, штампованих із використанням запропонованих схем.

Одержали подальший розвиток принципи розширення й поглиблення уніфікації кузовів автобусів при створенні типорозмірних рядів автобусів різних класів і призначень на базі одного автомобільного шасі.

**Практичне значення одержаних результатів:**

- розроблено ряд критеріїв технологічності типових деталей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, що дало змогу уніфікувати елементи таких панелей;
- розроблено рекомендації щодо проектування та застосування технологічних процесів штампування типових деталей облицювання кузовів автобусів;
- розроблено підходи до проектування, виготовлення й використання великогабаритного універсального технологічного оснащення для виготовлення панелей облицювання кузовів автобусів методом штампування на багатоконтурних електрогідравлічних пресах;
- розроблено конструкції уніфікованих заготовок панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів різних модельних рядів, у тому числі й у варіанті для їх виготовлення на багатоконтурному електрогідравлічному пресі ПЕГ-ХАІ-500;

Матеріали роботи використовуються в навчальному процесі НАКУ “ХАІ”, у науковій і виробничій роботі Міжнародного інституту нових технологій (МІНТ) НАКУ “ХАІ”, Науково-дослідному інституті автомобілебудування “Еталон” (НТЦ “Еталон”), Науково-технічному центрі “Анто-Рус” і Науково-виробничому об’єднанні “Автополіпром Лтд” (НТЦ “Автополіпром”). Основні положення й результати роботи впроваджені на підприємствах ЗАТ “Бориспільський автозавод”, ЗАТ “Чернігівський автозавод” і ВАТ “Стрий-Авто” при виробництві автобусів модельних рядів “Еталон” і “Дельфін”, ТОВ “Херсонський автоскладальний завод “Анто-Рус” при виробництві автобусів модельного

ряду “Скіф”, ВАТ “Лубенський завод “Автомаш” при виробництві автобусів особливо малого класу “Сула” та інших автотранспортних засобів.

#### **Особистий внесок здобувача:**

- розробка класифікації деталей кузовів сучасних автобусів з точки зору їх уніфікації та метода виготовлення;
- розробка ідеї створення декількох модельних рядів автобусів різних класів і призначень при використанні уніфікованих панелей зовнішнього облицювання їх кузовів;
- розробка критеріїв технологічності панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів та їх елементів при електрогідравлічній відбортовці;
- обґрунтування можливості й доцільності штампування панелей облицювання уніфікованих автобусів на багатоконтурних ЕГ-пресах з використанням універсального технологічного оснащення;
- розробка математичної моделі, що пов'язує параметри уніфікації й технологічності з показниками ефективності процесів штампування облицювальних панелей кузовів автобусів;
- розробка нових технологічних процесів ЕГ-штампування типових панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу й науковців НАКУ “ХАГ” (2004, 2005 р.), міжнародних науково-технічних конференціях “Проблеми створення нових машин і технологій” (м. Кременчук, 2004 р.), “Нові наукоємні технології, устаткування й оснащення для обробки матеріалів тиском” (м. Краматорськ, 2004 р.), науково-практичній конференції “Проблеми автобусних пасажирських перевезень і автобусобудування” (м. Київ, 2004 р.), Київських міжнародних автосалонах SIA-2003 (м. Київ, 2003 р.), SIA-2004 (м. Київ, 2004 р.) і SIA-2005 (м. Київ, 2005 р.), а також на декількох міжнародних автовиставках у Москві, Одесі, Києві, Кривому Розі, Донецьку, Львові, Белгороді на протязі 2003-2005 рр.

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень і робіт опубліковано 23 наукові праці, у тому числі 7 – у збірниках наукових праць, 5 – у журналах, 1 авторське свідоцтво, 10 патентів.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел і додатку. Робота викладена на 199 сторінках, містить 67 рисунків, 33 таблиці, список використаних джерел з 129 найменувань і 2 додатки.

#### **Основний зміст**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, показано її зв'язок із плановою тематикою НАКУ “ХАГ”, державними програмами в області автобусобудування, програмами дослідно-конструкторських робіт науково-технічних центрів і виробничих програм автобусних заводів, сформульовано мету й задачі роботи, викладено наукову новизну й

практичну значимість отриманих результатів, підкреслено особистий внесок автора, перераховано основні методи досліджень, коротко описано апробацію роботи, її структуру й публікації здобувача.

**У першому розділі** наведено характеристику проблем сучасного автобусобудування в Україні.

Зроблено короткий конструктивно-технологічний опис кузовів сучасних автобусів малого й середнього класів, найбільш затребуваних у даний час. Кузов автобуса розглядається в даній роботі як найбільш трудомістка і дорога складова частина автобуса, а панелі зовнішнього облицювання кузова – як найбільш складні у виготовленні деталі цієї частини, що повністю відповідає дійсності.

Проведено конструктивно-технологічну класифікацію панелей зовнішнього та внутрішнього облицювання кузовів автобусів, яка показує, що всі ці деталі можна розбити на чотири групи: плоскі й нескладні у виготовленні панелі; деталі, гнуті в різних площинах із мінімальними радіусами під різними кутами; панелі одинарної кривизни; складні у виготовленні великогабаритні панелі зовнішнього облицювання подвійної кривизни. Деталі четвертої групи (рис. 1), у свою чергу, можуть бути розбиті на дві підгрупи – досить глибокі панелі типу коробка або напівкоробка з неплоскою стінкою з відносно великими радіусами зчленувань (чотири–вісім найменувань); відносно широкі опуклі деталі, що мають по більшій частині периметра невисокі відбортовки з невеликими радіусами зчленувань, на яких можуть бути розташовані локальні елементи, що додають їм жорсткість і мають вигляд підсікань, відбортованих отворів або рифтів (два-чотири найменування). Усі деталі мають один із габаритних розмірів, більший 1,0 м, і виготовляються з низьковуглецевої сталі товщиною 0,8...1,2 мм.

Проаналізовано сучасні тенденції розвитку й удосконалювання виробничих і технологічних систем автомобілебудування. Зроблено висновок про широке використання в цій області машинобудування принципів уніфікації конструктивних і технологічних рішень, що визначає вплив факторів технологічності на конструкцію автотранспортних засобів (особливо легкових) і на гнучкість виробничих і технологічних систем. Це особливо характерно для дрібносерійного виробництва автомобілів, до якого відноситься й автобусобудування.

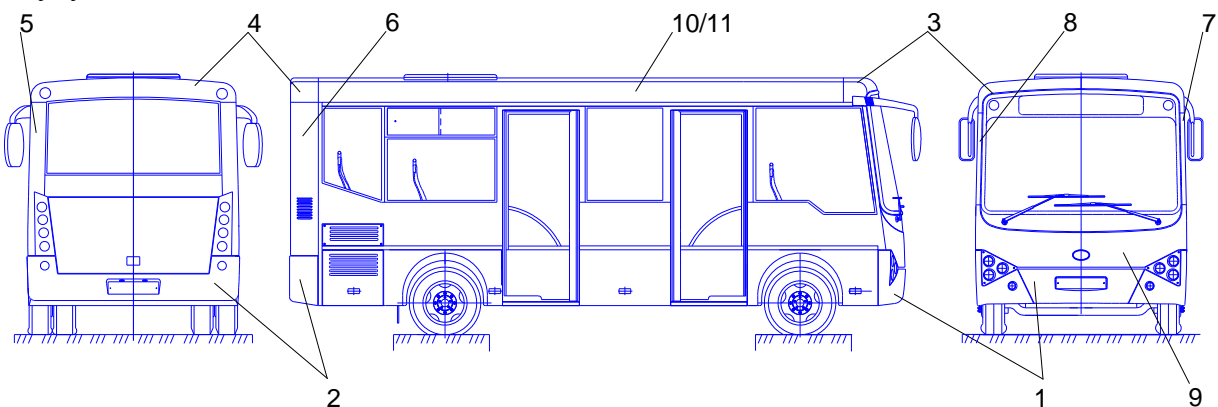


Рис. 1 Найбільш складні панелі зовнішнього облицювання кузовів автобусів:

1 - бампер передній; 2 - бампер задній; 3 - панель даху передня; 4 - панель даху задня; 5 - панель облицювання задньої стінки ліва; 6 - панель облицювання задньої стінки права;

7 - панель вітрового вікна ліва; 8 - панель вітрового вікна права;  
9 - панель вітрового вікна нижня; 10/11 - панель даху бічна права/ліва

Розглянуто й проаналізовано схеми, устаткування й оснащення, які використовуються світовими виробниками автотранспортних засобів для штампування кузовних деталей. Установлено, що в умовах дрібносерійного виробництва автомобілів перевага віддається штампувальному устаткуванню, якому властиві низькі показники ресурсоспоживання – металосмності й енергоспоживання та малі терміни й витрати на ТПВ. При цьому питоми трудовитрати мають не найнижчий показник. До зазначеного типу устаткування відносяться преси для штампування еластичним середовищем і багатоконтурні електрогідровлічні преси. На такому устаткуванні можна використовувати оснащення спрощеної й універсальної конструкції. У кінці розділу зроблено висновки й сформульовано мету й задачі даної роботи.

**Другий розділ** присвячений дослідженню можливостей побудови технологічної системи штампування панелей облицювання кузовів автобусів на основі використання принципу їх уніфікації для декількох модельних рядів по найбільш складних у виготовленні кузовних панелях. При цьому проаналізовані критерії уніфікації, що яскраво відбивають суть процесу, і визначені основні фактори, які забезпечують зниження витрат на виробництво автобусів. Розроблено підходи до уніфікації автобусів і зроблено висновок про можливість і доцільність її поглиблення, у тому числі шляхом уніфікації великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів: передніх і задніх панелей дахів, передніх і задніх бамперів, панелей облицювання передніх частин кузовів, кутових панелей дахів і панелей задніх частин кузовів автобусів.

Розроблено схеми раціонального членування великогабаритних панелей з урахуванням технологічності їхнього штампування і технологічних можливостей штампувального устаткування. Приклад членування панелі облицювання передньої частини каркаса даху автобуса, який рекомендується, показано на рис. 2. Тут дуже складні формоутворюючі елементи є уніфікованими для декількох моделей автобусів, а середня частина – індивідуальною для кожної моделі автобуса.

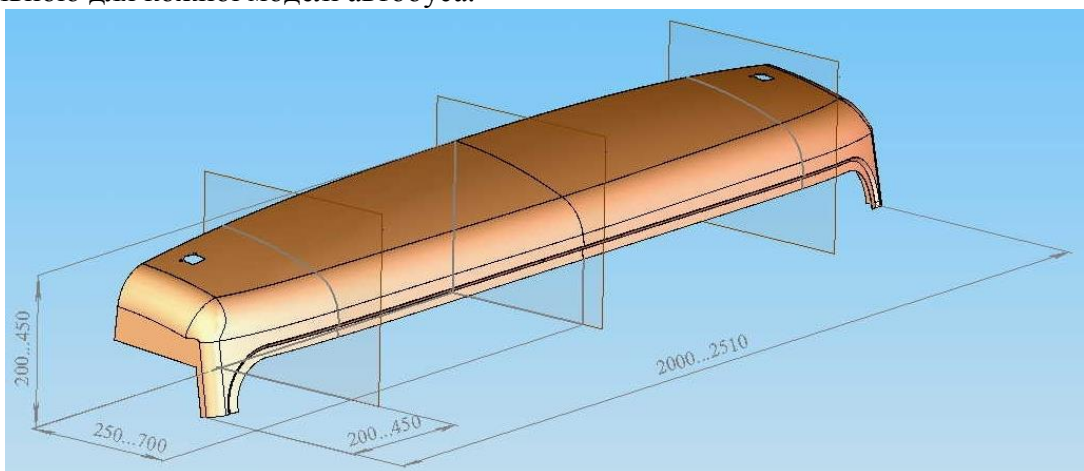


Рис. 2 Типова панель облицювання передньої частини даху. Умовними площинами (пунктирні лінії) позначені бічні частини, які вимагають для формоутворення максимальної щільності потоку енергії



Визначено типові рішення конструкції штампувального оснащення, яке дозволяє з мінімальними витратами на ТПВ виконувати групове штампування уніфікованих панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів. Запропоновано штампування-витяжку відповідних панелей робити в матриці, формоутворююча поверхня якої відповідає формі декількох деталей, в основному симетричних. Для цього її зовнішні габаритні розміри варто вибирати максимально можливими, а розміри уніфікованих елементів погоджувати з можливими розмірами формоутворюючої порожнини. Порівняльний техніко-економічний аналіз виготовлення панелей облицювання кузовів автобусів за таким варіантом показує можливе зниження трудомісткості їхнього виготовлення в півтора-чотири рази, скорочення вартості необхідного оснащення до чотирьох раз і зменшення необхідних капіталовкладень на етапі ТПВ до 100 тис. грн. для чотирьох моделей автобусів.

Запропоновано й розроблено конструкцію універсального технологічного оснащення, призначеного для штампування великогабаритних кузовних деталей рідинним або еластичним середовищем. В її основу покладено використання універсальних контейнерів (рис. 3) й індивідуальних вкладишів при максимальному використанні технологічних можливостей робочої зони пресів. Порівняння метало- і трудомісткості виготовлення оснащення для традиційного й запропонованого варіантів виготовлення типової деталі “панель передньої стінки кузова” показує, що можливе зниження цих показників на 328 і 184% відповідно.

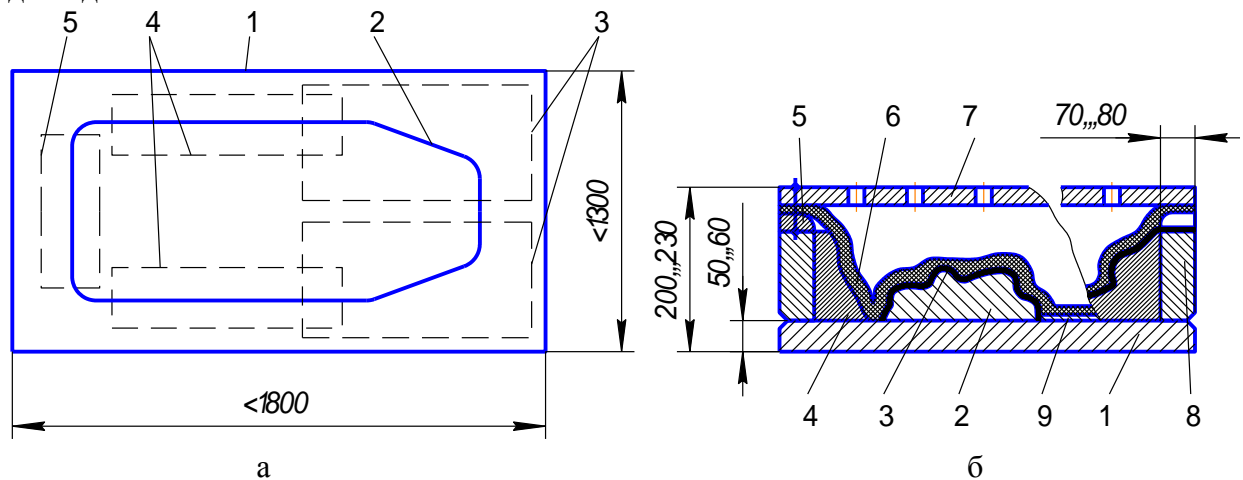


Рис. 3 Варіанти схем універсального оснащення для витяжки й формування: а – варіант розташування формозадаючих поверхонь на робочій поверхні універсальної матриці для штампування деталей на пресі ПЕГ-ХАІ-500: 1 – зовнішній контур матриці; 2 – універсальний контур перерізу матриці; 3 – зони розташування заготовок для штампування кутових панелей передньої частини даху; 4 – зони розташування заготовок для штампування бокових панелей даху; 5 – зона розташування заготовок для штампування середньої частини передньої панелі даху; б – варіант універсального контейнера для розміщення формблоків для штампування деталей на пресі ПЕГ-ХАІ-500: 1 - зварений контейнер; 2 - оправка для формування листової заготовки; 3 - відштампована деталь; 4 - кутова вставка; 5 - притискна плита; 6 - гумова діафрагма; 7 - напрямна плита багатоелектродного розрядного блок; 8 - варіант витяжної матриці в контейнері; 9 - гумовий коврик

На основі загальних закономірностей, які використовують для аналізу великих тех-

нічних систем, отримані залежності зниження витрат (вартості або трудомісткості) при використанні принципу уніфікації при підготовці й виробництві автобусів:

$$\Delta Z^0 = Z_T^0 - Z_V^0, \quad (1)$$

де  $\Delta Z^0$  – скорочення питомих витрат;  $Z_T^0$  – питомі витрати на ТПВ і виробництво автобусів у традиційному виробництві;  $Z_V^0$  – питомі витрати на ТПВ і виробництво автобусів при використанні уніфікації панелей зовнішнього облицювання їх кузовів;

$$Z^0 = A_0 Z_0 K^t; \quad Z_V^0 = A_0 Z_0 K^{t+\Delta t}, \quad (2), (3)$$

де  $A_0$  – статистичний коефіцієнт, що уточнює величину витрат у зв'язку з випадковими факторами у визначеному виробництві;  $Z_0$  – початкове значення питомого параметра;  $K$  – коефіцієнт середньорічного темпу зміни параметра у визначеному виробництві;  $t$  – відрізок часу між поточними значеннями розглядуваного параметра;  $\Delta t$  – скорочення часу, обумовлене збільшенням серійності деталей або збільшенням ступеня уніфікації.

Визначальним параметром витрат є маса виробу або складової частини. У цьому випадку

$$\Delta t = t(1-\delta_c)/\delta_c, \quad (4)$$

де  $\delta_c$  – коефіцієнт зміни серійності;  $\delta_c = f(K_M, \gamma_{ij})$ ;  $K_M$  – коефіцієнт уніфікації виробів по масі типорозмірів;  $\gamma_{ij}$  – питома вага запозичених деталей в  $i$ -у конструкцію з  $j$ -ї моделі або вузла.

Скорочення часу на ТПВ внаслідок зменшення кількості застосовуваного штампувального оснащення пропонується оцінювати залежністю

$$\Delta \tau_{ТПВ} = K_N \cdot \tau_{ТПВ}, \quad (5)$$

де  $K_N$  – коефіцієнт уніфікації за кількістю типорозмірів;  $\tau_{ТПВ}$  – середня тривалість розробки й підготовки технологічного процесу відповідного виробництва.

**У третьому розділі** визначено залежність геометричних параметрів бортів деталей від створюваного імпульсного тиску, властивостей матеріалів заготовок, структури поля навантаження, схем штампування й інших параметрів при відбортовці великогабаритних тонколистових панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, які штамнуються за схемами, показаними на рис. 4, у вигляді:

$$\frac{2R^2}{(\alpha + 2)(2R/\delta)^{\alpha+2}} \frac{B}{0,135P_m} = (A - \phi R)^2, \quad (6)$$

де  $\alpha$ ,  $B$  – константи матеріалу;  $R$ ,  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $A$  – відповідно параметри сполучення бортів і стінки, товщина і виліт заготовки відносно формблоку;  $P_m$  – амплітудний тиск.

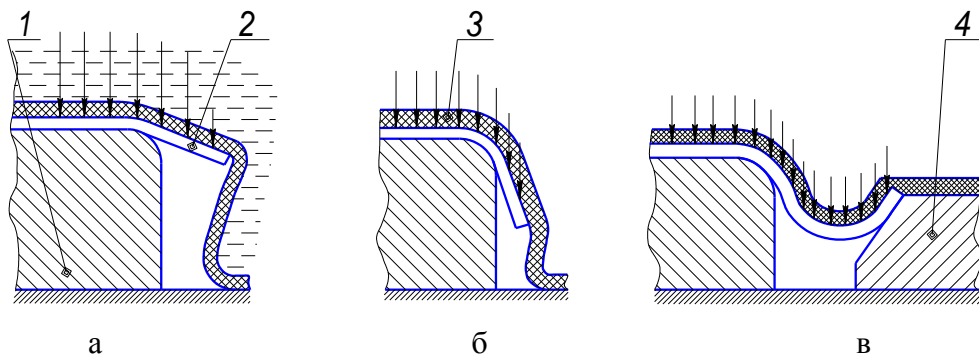


Рис. 4 Положення заготовки при гнутті борта: а – вихідне положення; б – положен-

ня заготовки на проміжній стадії гнуття; в – проміжне положення заготовки при гнутті з додатковою опорою; 1 – оправка (формблок); 2 – заготовка; 3 – гумова діафрагма; 4 – додаткова опора

Для типових конструктивних елементів деталей - бортів різної форми, елементів окантовок, жорсткостей і тригранних кутів - визначені параметри технологічності їх конструкції.

Описано проведені експериментальні дослідження імпульсного тиску, який виникає на поверхні заготовок при їх відбортовці при груповому розряді на системі електродних пар у багатоелектродних розрядних блоках (БРБ) ЕГ-пресів за допомогою п'єзоелектричних датчиків тиску, поясів Роговського та ємкісно-омічних дільників напрузі. Результатом досліджень є визначення коефіцієнта підсилення  $k_{гр}$  залежно від результуючого амплітудного тиску  $P_m$ , який залежить від кількості й геометрії розташування активних електродних пар:

$$P_m = k_{гр} \sum_{i=1}^n P_i, \quad (7)$$

де  $k_{гр}$  – коефіцієнт підсилення по тиску при груповому розряді;  $P_i$  – амплітудний тиск, що виникає при розряді на одній електродній парі;  $n$  – кількість електродних пар.

Деякі характерні значення  $k_{гр}$  для типових випадків структури поля навантаження, одержані на пресі ПЕГ ХАІ-500 під час відпрацювання техпроцесів з використанням 28-електродного розрядного блоку, наведені в таблиці.

Таблиця

Експериментальні значення  $k_{гр}$  для характерних місць навантаження

Структура поля навантаження						
Дистанція, мм	40	40	40	40	94	94
Коефіцієнт, $k_{гр}$	1,0	1,05	1,35	1,45	2,33	1,09
Примітка: ●, ○ – активні та пасивні електродні пари; + – місце визначення тиску						

Експериментально перевірено теоретично отриману залежність кутів відбортовки для прямолінійних, увігнутих і опуклих ділянок при визначенні параметрів технологічності для прямолінійних і увігнутих ділянок бортів висотою до 15 мм, що відповідає характерним розмірам кузовних деталей.

Експериментальні дослідження процесів відбортовки панелей, штампування кутових елементів панелей дахів (передньої/задньої) та формування виштамповок дозволили уточнити отримані залежності, встановити раціональну структуру поля навантаження, діапазони режимів виділення енергії та інших технологічних параметрів.

У закінченні розділу запропоновані технологічні рішення конструкцій ряду панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, у яких враховано особливості поля електрогідралічного навантаження на багатоконтурному електрогідралічному пресі ПЕГ-ХАІ-500 і розташування матричних порожнин у блоці оснащення для їхнього групового штампування, особливості форм і розмірів заготовок та їхньої попередньої деформації, а

також інших параметрів, які визначають технологічність їхньої конструкції. У кінці розділу сформульовані висновки.

У четвертому розділі узагальнено досвід розробки й створення модельних рядів уніфікованих автобусів різних класів і різного призначення конструкцій ДП НТЦ “Еталон” (м. Бориспіль), деякі з яких показані на рис. 5.



Рис. 5 Зовнішній вигляд міських автобусів малого класу моделі БАЗ-А212 “Славутич” і середнього класу моделі БАЗ-А411 “Роксолана”

Дано рекомендації щодо вибору коефіцієнтів уніфікації по групах деталей, по панелях складної форми зовнішнього облицювання кузовів автобусів, запропоновано найбільш перспективні напрямки уніфікації для автобусів різних класів за габаритною довжиною й призначенням.

На основі дослідно-промислових робіт показано, що при максимальному дотриманні вимог технологічності, пов’язаних з умовами електрогідравлічного штампування, коефіцієнт уніфікації по панелях зовнішнього облицювання для міських, приміських і міжміських автобусів малого класу може досягати значень 0,87...0,98 при мінімальному значенні 0,54 для різних типорозмірів деталей і значень 0,86...0,92 для спеціальних автобусів одного модельного ряду.

Оцінено в числах скорочення трудомісткості виготовлення кузовів автобусів модельного ряду “Еталон”, яке при існуючій середній тривалості виробництва базової моделі автобуса - три роки, досягає 9,7% при збільшенні коефіцієнта уніфікації на 10%. При цьому досягнуті рівні скорочення термінів підготовки виробництва при використанні універсального оснащення складають 1,5...3,8 рази на одну деталь.

Узагальнено досвід функціонування технологічної системи виробництва кузовів мікроавтобусів “Сула” та уніфікованих з ними автотранспортних засобів іншого призначення, основаної на застосуванні для штампування великогабаритних листових деталей їх кузовів багатоконтурного електрогідравлічного преса ПЕГ-ХАІ-500.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу підвищення ефективності створення, проведення технологічної підготовки й освоєння дрібносерійного виробництва сучасних конкурентоспроможних автобусів шляхом удосконалювання технічної системи штампування уніфікованих панелей зовнішнього облицювання їх кузовів мето-

дом електрогідравлічного штампування на багатоконтурних ЕГ-пресах на універсальному технологічному оснащенні.

1. Основними напрямками удосконалення виробничих і технологічних систем виготовлення автобусів в економічних умовах України можуть бути використання більш сучасних гнучких технологічних процесів і відповідне устаткування для штампування їхніх кузовних деталей, більш повне використання принципів уніфікації і підвищення технологічності їхньої конструкції, а також розробка та застосування універсального технологічного оснащення.

Показано, що при дрібносерійному виробництві кузовів автобусів максимального скорочення термінів і витрат на технологічну підготовку їхнього виготовлення в сучасних умовах можна добитися за допомогою уніфікації найбільш складних великогабаритних кузовних деталей і використання електрогідравлічного штампування деталей на багатоконтурних ЕГ-пресах.

2. Розроблено й освоєно в дрібносерійному виробництві близько двох десятків моделей і модифікацій уніфікованих автобусів модельного ряду “Еталон” (на одному типі автомобільного шасі) різних призначень малого й середнього класів. Це стало можливим за допомогою:

- широкого і заглибленого використання принципу уніфікації більшості складових частин конструкції, у тому числі і поелементної уніфікації великогабаритних панелей складної форми зовнішнього облицювання кузовів автобусів, таких, як передня і задня панелі дахів, панелі передньої та задньої частин, лівої й правої боковин. При цьому коефіцієнт уніфікації по панелях складної форми складає 0,54...0,98, а по кузовах у цілому – 0,61...0,95 для всіх моделей і модифікацій міських, приміських і міжміських автобусів, створених на основі базової моделі БАЗ-А079.04;

- розроблених схем універсального оснащення для електрогідравлічного штампування кузовних облицювальних панелей, периферійні частини яких є універсальними, а внутрішні – індивідуальними. Використання такого оснащення дає можливість скоротити терміни і витрати на ТПВ до 1,8 раза, а її металомісткість – майже в 4 рази.

Отримано залежності, що дозволяють на передпроектній стадії оцінити скорочення часу на створення, освоєння й виробництво уніфікованих моделей і модифікацій автобусів залежно від параметрів уніфікації й умов виробництва.

3. Розроблено технологічні процеси послідовного локального електрогідравлічного формоутворення бортів на великогабаритних панелях зовнішнього облицювання кузовів автобусів, у тому числі схеми відбортовки для бортів різних розмірів і форм, визначено критерії технологічності типових локальних елементів деталей. Запропоновано залежності для визначення технологічних параметрів – енергії, що запасується, і імпульсного тиску залежно від структури поля навантаження і геометричних параметрів деталей.

Запропоновано схеми членування великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, що відповідають вимогам технологічності їхньої конструкції й можливостям використовуваного штампувального устаткування.

Експериментально уточнено і перевірено отримані залежності. Відпрацьовано ряд

технологічних процесів у дослідно-промисловому виробництві, які відповідають поставленій меті.

4. Узагальнення досвіду створення й освоєння серійного виробництва гами уніфікованих моделей і модифікацій автобусів різних класів і призначення показує, що застосування уніфікованих заготовок великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів, які відповідають параметрам технологічності і виробляються на багатоконтурних електрогідравлічних пресах з використанням універсальної оснастки, дозволяє скоротити:

- терміни на конструкторську підготовку виробництва автобусів до 16...22% на одну модель (модифікацію);
- терміни на технологічну підготовку виробництва автобусів у 3,5–4,5 рази, а витрати на її проведення до 4,0 раз;
- собівартість виготовлення деталей на 15...22% шляхом підвищення серійності, зниження рівня кваліфікації виробничого персоналу й інших факторів.

Створення й освоєння серійного виробництва гами моделей і модифікацій автобусів малого й середнього класів модельного ряду “Еталон”, призначених для міських, приміських, міжміських, шкільних і сільських перевезень пасажирів, а також інших моделей автобусів спеціалізованого призначення, показують:

- у межах одного модельного ряду можливе створення уніфікованих автобусів загального й спеціалізованого призначення з коефіцієнтом уніфікації по кузову 0,66...0,90;
- застосування запропонованої уніфікації автобусів дозволяє скоротити тривалість створення нових моделей автобусів до трьох-шести місяців і швидко освоїти їхнє виробництво при мінімальних обсягах капіталовкладень.

5. Окремі результати роботи використовують у дослідно-конструкторських роботах ДП ТОВ “Науково-дослідний інститут автомобілебудування “Еталон” (ДП НТЦ “Еталон”), ТОВ “Науково-технічний центр “Анто-Рус” і ТОВ “Науково-виробниче об’єднання “Автополіпром ЛГД”. Основні положення й результати роботи впроваджено на підприємствах ЗАТ “Бориспільський автозавод”, ЗАТ “Чернігівський автозавод” і ВАТ “Авто” при виробництві автобусів модельних рядів “Еталон” і “Дельфін”, ТОВ “Херсонський автоскладальний завод “Анто-Рус” при виробництві автобусів модельного ряду “Скіф”, ВАТ “Дніпродзержинський авторемзавод” при виробництві автобусів малого класу “Дніпро”, ВАТ “Лубенський завод “Автомаш” при виробництві автобусів особливо малого класу “Сула” та інших автотранспортних засобів. Загальний економічний ефект від упровадження результатів дисертаційної роботи складає близько 3,27 млн. грн.

#### **Список опублікованих праць за темою дисертації**

1. Войтків С.В. Унификация технологической оснастки при штамповке автобусных кузовов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного ун-ту: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 4 (16). – С. 87-89.
2. Войтків С.В., Голованов В.Н., Тараненко М.Е. К выбору критерия технологической гибкости производства транспортной техники // Вопросы проектирования и прои-

зводства конструкций летательных аппаратов. Сб. науч. трудов Национального аэрокосмического ун-та им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 2004. – Вып. 39 (4). – С. 21-25.

*Здобувачем синтезовано показник виробничої і технологічної гнучкості, сформульовані висновки.*

3. Войтків С.В. Шляхи уніфікації конструкцій кузовів автобусів // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Зб. наук. праць. – Львів, 2004. – Вип. 8. – С. 37-44.

4. Войтків С.В., Тараненко М.Е. Исследование механизма электрогидравлической отбортовки и определение параметров технологичности при штамповке листовых крупногабаритных деталей // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2005. – С. 278-282.

*Здобувачем особисто визначені параметри технологічності деталей при відбортовці.*

5. Войтків С.В., Голованов В.Н. Оценка степени гибкости вариантов технологических процессов листовой штамповки автомобильных деталей // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Сб. науч. трудов Национального аэрокосмического ун-та им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 2005. – Вып. 40 (1). – С. 127-133.

*Здобувачем відібрано варіанти технологічних процесів і відповідні показники для їхнього порівняння, сформульовано висновки.*

6. Тараненко М.Е., Войтків С.В. Пути совершенствования технологических систем изготовления кузовных деталей автобусов // Технологические системы. – Киев: ЗАО „Корпорация „Индустриальные технологии”, 2004. – № 1. С. 21-25.

*Здобувачем запропоновано розширити можливості уніфікації кузовних деталей за рахунок використання уніфікованих елементів великогабаритних деталей.*

7. Войтків С.В. Проблемы развития отечественного автобусостроения // Транспорт – Киев: Информационное агентство „Экспрессинформ”, 2004. – № 21 (293). – С. 63-65.

8. Войтків С.В. Перспективи створення і освоєння автобусів малого класу на ЗАТ “Бориспільський автозавод” // Автотехніка. Автобуси, вантажівки. – Л: ТЗОВ “Лавіс”, 2005. – № 1. – С. 41-43.

9. Автобус загального користування (на шасі автомобіля ЗиЛ-5301) Патент України на промисловий зразок № 5540 від 17 грудня 2001 р. Заявлено 10.08.2001 р. Опубліковано 17.12.2001 р. Бюл. № 11, с.2.25. Войтків О.С., Войтків З.В., Войтків С.В.

10. Автобус (на шасси автомобиля ЗиЛ-4331) Свидетельство на промышленный образец № 34280. Заявлено 13.08.90 г. Зарегистрировано 29.03.91 г. Войтків С.В., Москалев В.В., Гаськевич Я.Д., Пона С.М., Павлишин С.Я., Трач Я.С.

11. Автобус приміський (на шасі автомобіля ГАЗ-3309) Патент України на промисловий зразок № 2967. Заявлено 15.12.99 р. Опубліковано 30.08.99 р. Бюл. № 5, с. 4.1.17. Мецкер М.Я., Войтків С.В., Пецух В.Б., Кіщун І.А., Раабе В.Г.



12. Автобус міський (на шасі автомобіля ЗиЛ-5301) Патент України на промисловий зразок № 4849. Заявлено 15.01.2001 р. Опубліковано 15.05.2001 р. Бюл. № 4, с. 4.12, 4.13. Мецкер М.Я., Войтків С.В., Войтків З.В., Войтків О.С.

13. Мікроавтобус типу “маршрутне таксі” (на шасі автомобіля ІВЕКО 49.10) Патент України на промисловий зразок № 4944 від 15 червня 2001 р. Заявлено 13.02.2001 р. Опубліковано 15.06.2001 р. Бюл. № 5, с. 4.24. Мецкер М.Я., Войтків С.В., Раабе В.Г., Войтків З.В.

14. Автомобільне шасі з кабіною Патент України на промисловий зразок № 5944 від 15 травня 2002 р. Заявлено 23.10.2001 р. Опубліковано 15.05.2002 р. Бюл. № 5, с. 2.7. Мецкер М.Я., Войтків С.В., Войтків З.В., Войтків О.С.

15. Мікроавтобус типу “Маршрутне таксі” (на шасі автомобіля ГАЗ-3302) Патент України на промисловий зразок № 6056 від 17 червня 2002 р. Заявлено 04.12.2001 р. Опубліковано 17.06.2002 р. Бюл. № 6, с. 2.5, 2.6. Войтків С.В., Войтків З.В., Войтків О.С.

### Анотації

*Войтків С.В. Шляхи удосконалювання технічної системи штампування панелей облицювання кузовів автобусів на багатоконтурних електрогідравлічних пресах. - Рукопис.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском. - Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, 2005.

Дисертація присвячена удосконалюванню технічної системи штампування великогабаритних панелей зовнішнього облицювання кузовів автобусів на основі їх уніфікації та використання в конструкціях автобусів кількох модельних рядів з оригінальним зовнішнім виглядом, розробці конструкцій цих панелей, які б відповідали критеріям технологічності їх виготовлення методом електрогідравлічного штампування, розробці технологічних процесів штампування названих вище деталей на багатоконтурних електрогідравлічних пресах з використанням універсальної технологічної оснастки.

Обґрунтовано можливість використання уніфікованих панелей облицювання кузовів у конструкціях автобусів декількох модельних рядів різних класів і призначення з індивідуальним зовнішнім виглядом для автобусів кожного модельного ряду. Встановлено можливі діапазони коефіцієнтів уніфікації кузовів автобусів по окремих групах деталей. Запропоновано схеми універсальної оснастки й обґрунтовано можливість її використання при електрогідравлічному штампуванні. Розроблено технологічні процеси електрогідравлічного відборування кузовних панелей, визначено критерії їх технологічності для основних елементів – тригранних кутів, бортів різної форми та інших локальних елементів. Запропоновано рекомендації щодо проектування технологічних процесів виготовлення кузовних великогабаритних панелей. Узагальнено досвід проектування, проведення технологічної підготовки і організації дрібносерійного виробництва близько 40 моделей та модифікацій автобусів різних класів і різноманітного функціонального призначення.

*Ключові слова:* кузов, панелі облицювання, обладнання, електрогідравлічний прес, послідовне штампування, заготовка, уніфікація, універсальна оснастка, технологічність.



*Войткив С.В. Пути совершенствования технической системы штамповки панелей облицовки кузовов автобусов на многоконтурных электрогидравлических прессах. – Рукопись.*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 – процессы и машины обработки давлением. Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2005.

Диссертация посвящена совершенствованию технической системы производства крупногабаритных автобусов, которая включает в себя конструкторскую подготовку, заключающуюся в разработке конструкций кузовов автобусов нескольких модельных рядов на основе использования унифицированных панелей внешней облицовки их кузовов, а также технологической подготовки производства таких деталей на многоконтурных электрогидравлических прессах с использованием универсальной технологической оснастки.

В работе обоснована ее актуальность, определяемая большой потребностью рынков Украины и стран СНГ в автобусах разных классов и различных функциональных назначений и несовершенством технических систем их производства. Обоснован вывод, что по критериям энерго- и ресурсопотребления, а также гибкости производства для изготовления листовых панелей облицовки кузовов автобусов наиболее подходящим является электрогидравлический метод их штамповки на многоконтурных ЭГ-прессах.

Показано, что при использовании принципа унификации сложных по форме крупногабаритных панелей облицовки кузовов автобусов, таких, как панели облицовки передней, задней и боковых частей крыш, боковые панели облицовки передней и задней стенок, возможно создание автобусов нескольких модельных рядов разных классов и назначений с индивидуальным внешним видом для автобусов каждого модельного ряда.

Определены критерии технологичности крупногабаритных панелей облицовки кузовов автобусов и их элементов. Разработаны технологические процессы электрогидравлической отбортовки деталей, записаны зависимости, связывающие геометрические параметры бортов и потребного давления. Уточнены и сформулированы условия применения известных зависимостей давления от управляющих параметров для многоэлектродных разрядных блоков многоконтурных ЭГ-прессов.

Обобщение опыта разработки, проведения технологической подготовки и мелкосерийного производства более 40 моделей и модификаций автобусов разных классов и назначений позволило:

- установить достижимые диапазоны значений коэффициентов унификации кузовов автобусов по разным группам деталей;
- выявить существенную технико-экономическую эффективность разработанных путей совершенствования технической системы штамповки панелей внешней облицовки кузовов автобусов;
- установить, что использование основных положений и разработок работы дает возможность существенно снизить энерго- и ресурсозатраты при производстве кузовных деталей автобусов, сократить сроки и затраты на технологическую подготовку их производства и тем самым повысить гибкость производства автобусов;

– сделать вывод о возможности использования основных положений и разработок работы в проектных организациях и на различных автобусостроительных производствах в разнообразных условиях.

*Ключевые слова:* кузов, панели облицовки, электрогидравлический пресс, последовательная штамповка, заготовка, унификация, универсальная оснастка, технологичность.

*Voitkiv S.V. The ways of advancing technical system for bus covering panels stamping by multi-contour electro-hydraulic presses.- Manuscript.*

The thesis for candidate degree of engineering science by specialty 05.03.05 – processes and machines for pressure treatment. National technical university “Kharkiv polytechnic institute”, Kharkiv, 2005.

The thesis is devoted to:

– perfection of technical system of bus covering panel stamping, considering working out unified elements of large-scale panels used in different models of buses and which are satisfied manufacturability criteria of electro-hydraulic stamping;

– working out manufacturing processes of above-mentioned articles on multi-contour electro-hydraulic presses with application universal manufacturing dies.

Possibility of application of covering panels unified elements in several panel models of different classes of buses and bus purposes is proved. Recommended ranges of unification criterion are established. Schemes of universal dies are suggested. Possibility of these dies application at electro-hydraulic drawing and forming is proved. Manufacturing processes of electro-hydraulic beveling of covering panels are worked out. The ranges of manufacturability criteria for main elements of large-scale bus body panels (like triangle-section ribs, different section bevels and stampings) are obtained. Manufacturing recommendations for tailoring above-mentioned processes are done. An experience concerning working out, manufacturing organization and production of 40 buses models and modifications for different classes and purposes is generalized.

*Key words:* bus body covering panels, electrohydraulic press, sequential stamping, semi-finished article unification, universal production tools, manufacturability.

Войтків Станіслав Володимирович

**ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ  
ШТАМПУВАННЯ ПАНЕЛЕЙ ОБЛИЦЮВАННЯ КУЗОВІВ АВТОБУСІВ  
НА БАГАТОКОНТУРНИХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСАХ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

Відповідальний за випуск Павленко О.А.

Підписано до друку 30.11 2005.

Формат 60×90/16.

Обсяг 0,9 авт. арк.

Наклад 100 прим. Замовлення № 463

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
Видавничий центр "ХАІ"  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17