

женного станка в условиях единичного и мелко-серийного производства целесообразными являются разработка и применение универсального комплекта технологической оснастки.

#### **Список использованной литературы:**

- 1 **Муратов К. Р.** Повышение эффективности растровой доводки путём управления усилием прижима в процессе обработки Текст / К.Р. Муратов, А.В. Пепельшев, Е.А. Гашев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4(4). С. 980-983.
- 2 **Бабаев С. Г.** Притирка и доводка поверхностей деталей машин Текст / С. Г. Бабаев, П. Г. Садыгов. — М. : Машиностроение, 1976. — 128 с.
- 3 **Анциферов В. Н.** Растровый метод обработки прецизионных поверхностей Текст / В.Н. Анциферов, А.М. Ханов, К.Р. Муратов и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1(3). С. 512-519.
- 4 **Муратов К. Р.** Повышение эффективности финишной абразивной обработки внутренних цилиндрических поверхностей методом растрового хонингования Текст : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / К. Р. Муратов ; Научн. руков. А. М. Ханов. – Пермь : Перм. гос. техн. ун-т, 2010. – 153 с. – Перм. гос. техн. ун-т.
- 5 **Ханов А. М.** Управление траекторией рабочего движения при доводке плоскостей Текст / А.М. Ханов, К.Р. Муратов, Е.А. Гашев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. №1(3). – С. 667-669.
- 6 **Муратов Р.А.** Устройство для авторотации детали на станках с растровой кинематикой Текст / Р.А. Муратов, К.Р. Муратов, Е.А. Гашев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. № 4(2). – С. 384-386.
- 7 **Пузік Ю. В.** Підвищення якості торцевих поверхонь корпусних деталей шляхом вдосконалення процесу притирання Текст : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 05.02.08 – технологія машинобудування / Ю. В. Пузік ; Наук. кер. В. І. Савчук. — Суми : СумДУ, 2014. — 75 с.
- 8 **Пискунов Н. С.** Дифференциальное и интегральное исчисление: для вузов Текст : учебник / Н. С. Пискунов. – 2-е изд., перераб. – М. : Наука, 1960. – 748 с.
- 9 Пат. 90962 У Україна, МПК В24В 37/04 (2012.01). Плоскопритиральний верстат із растровим робочим рухом / Ю.В. Пузік, В.І. Савчук (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – № u201401304; заявл. 10.02.2014; опубл. 10.06.2014, бюл. № 11.

#### ***Савчук В.І., Івченко А.В., Жигилий Д.А., Пузік Ю.В. Технологічні особливості притирання важкодоступних торцевих поверхонь деталей машин***

*Запропонована кінематика притирання важкодоступних торцевих поверхонь деталей машин і верстат для її реалізації.*

**Ключові слова:** *растровий робочий рух, торцеве ущільнення, кругова подача, дрібносерійне виробництво.*

#### ***Savchuk V.I., Ivchenko A.V., Zhigily D.A., Puzik Y.V. Technological features lapping inaccessible end surface machine parts***

*The inaccessible face surfaces of machine parts lapping kinematics and the machine for its realization is offered.*

**Keywords:** *raster labor movement, face seal, circular feed, small-scale manufacturing.*

Дата надходження до редакції: 17.12.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Кундера Ч.

УДК 621.432.3

#### **ПЕРСПЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДЕНИХ ЧАВУННИХ ПОРШНІВ ВИСОКОФОРСОВАНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

**С. Г. Бондарев**, к.т.н., доцент

**А. М. Ребрій**, ст. викл.,

**І. О. Рибенко**, ст. викл.,

**О. В. Рясна**, ст. викл.

Сумський національний аграрний університет

*Розглянуто проблеми пов'язані з підвищенням потужності та параметричної надійності при створенні нових двигунів внутрішнього згоряння, проведений аналіз існуючих конструкторсько-технологічних особливостей виготовлення поршней, у тому числі з не алюмінієвих сплавів, запропоновані раціональні конструкції перспективних складених поршнів швидкохідних, високофорсо-*



на збереження зв'язку між конструкторськими і технологічними розробками. Цей метод дозволяє істотно поліпшити якість виконуваних робіт і понизити їх трудомісткість. Проте, в нім не досить уваги приділяється технологічним питанням проектування.

Питання проектування і виробництва тонкостінних поршнів ДВЗ розглянуті Белогубом А. В. в роботі [2], на базі яких створений комплекс методів і методик, що дозволяють забезпечити необхідний рівень якості продукції при зменшенні витрат на проектування, виробництво і експлуатацію. Проте, і в цій роботі технологічні питання зведені до розгляду механічної обробки поршнів, а питанням технології литва поршнів і особливо, питанням формування структури і властивостей уваги приділено мало. Останній сучасний напрям виготовлення алюмінієвих поршнів, розглядається у роботах О.В. Акімова і В.І. Алехина [4]. Безумовно, технологія литва алюмінієвих поршнів удосконалюється вже упродовж багатьох десятиліть, проте перенесення її на інший матеріал, наприклад чавун, практично не можливий, тому практичного значення не має. Поршень ДВЗ є надзвичайно складним виробом, як з точки зору конструювання, так і з точки зору виробництва, і на усіх етапах його створення необхідно зберігати нерозривний зв'язок між конструкторськими та технологічними роботами для забезпечення відповідності вимогам конструкції, що розробляється, на стадії проектування і готового поршня.

#### **Формування цілей статті та постановка задач досліджень.**

Метою цієї статті є пошук перспективних напрямів конструювання і створення поршнів, які могли б працювати у складі дво- та чотиритактних двигунів з турбонагнітачами при температурі днища поршня до  $500^{\circ}\text{C}$ , у поєднанні з передачею значних знакозмінних навантажень. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1 Експериментально обґрунтувати застосування ЧВГ в якості матеріалу поршнів високофорсованих дизельних ДВЗ.

2. Конструкція поршнів повинна бути не важчою, більше ніж на 20% від алюмінієвих і мати меншу площу поверхні тертя та коефіцієнт тертя.

3 Отримати високі фізико-хімічні властивості термічної витривалості та зносостійкості.

4 Розробити принципово нові конструкції складених поршнів для використання їх у перспективних і модернізованих високофорсованих дизельних ДВЗ.

#### **Викладення основного матеріалу**

Практично за останні декілька десятиріч років сформувалась стійка тенденція, зокрема на пост радянському просторі, створення монолітних поршнів, виготовлених з легированого

кремнієм алюмінія, навіть на дизельних двигунах серій ЯМЗ - (236, 238, 240), Д-(240, 260), КамАЗ-740 (650), СМД, А41 оснащеними турбінними нагнітачами. Дійсно, поршень на сучасних двигунах має велику швидкість між нижньою та верхньою мертвими крапками, яка може досягати до 30 м/с і призводить до значних інерційних перевантажень у районі бобишек поршня в зазначених крапках. Крім того, під час робочого ходу над днищем поршня розвивається тиск до 10 МПа, а на двигунах оснащених турбінним або компресорним нагнітачем і більше. Температура у камері згоряння досягає  $2000^{\circ}\text{C}$ , що призводить до розігріву днища поршня у середній його частині майже до  $500^{\circ}\text{C}$ . Коефіцієнт лінійного розширення алюмінія більш ніж у 2 рази більший за чавун і для зменшення ризику заклинювання поршня, діаметр його жарового поясу, зменшують на 0.1...0.3 мм., а між напрямним поясом та гільзою створюють зазор у межах 0.05...0.09 мм. Це призводить до утворення підвищених зазорів, особливо при низьких температурах, що різко погіршує пускові якості двигуна та зменшує його ресурс. З іншого боку, створення теплових зазорів різко зменшує теплову передачу від поршня до гільзи блоку циліндрів, особливо по жаровому поясу, що призводить до перегріву компресійних кілець, втрату ними фізико-хімічних властивостей та врешті решт ресурсу двигуна у цілому. Крім зазначеного, алюміній у порівнянні з чавуном, менш міцний і при великих температурах втрачає свої міцнісні характеристики (рис. 2).

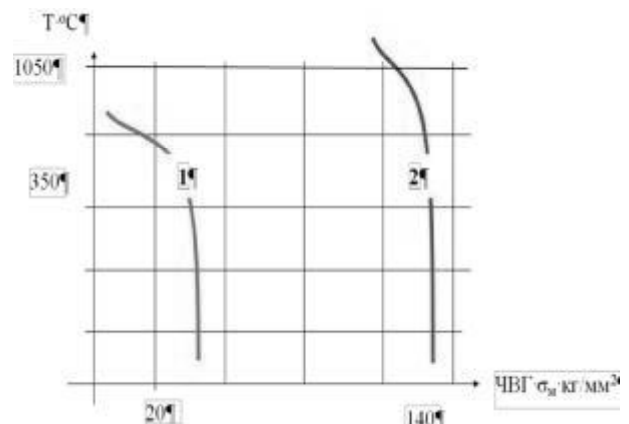


Рис. 2 Залежність межі міцності від температури; 1- алюмінієвих сплавів, 2- чавунів.

Крім міцнісних характеристик, алюміній має збільшений коефіцієнт тертя з чавуном і складає орієнтовно 0.18, у той час, коли тертя між чавунними деталями, має коефіцієнт тертя не більше, ніж 0.16.

При розгляді основних конструктивних елементів поршня, ставилося завдання забезпечення працездатності поршня в умовах складного термоциклічного навантаження. Використовуючи чавунні поршня можливо суттєво зменшити теплові зазори до 0.02...0.04 мм., між внутрішньою твірною гільзи та зовнішньою поршня, що по

перше, підвище теплову віддачу поршня до гільзи блоку циліндрів, по друге, зазор буде несуттєво зменшуватись оскільки коефіцієнти лінійного розширення гільзи та поршня однакові, оскільки виконані з майже однакових чавунів.

Перше що об'єднує дві конструкції [4, 5], це наявність тонкотілих, оболонкових корпусів поршнів, які можуть бути виготовлені, як з високоміцного чавуну з кулястим, або вермикулярним графітом (ЧВГ), так із жароміцних, високолегованих чавунів ЧХ16М, та ЧХ32М.

На рис 3 представлено перспективну конструкцію полегшеного поршня з оболонковим корпусом 1, в якому містяться радіальні проточки для встановлення компресійних поршневих кілець 5 та маслозємного кільця 6, вставку 2, виготовлену з легкого матеріалу, наприклад алюмінію, або титанових сплавів, поршневого пальця 3, який поєднує вставку 2 з шатуном 4, та стопорним кільцем 7.

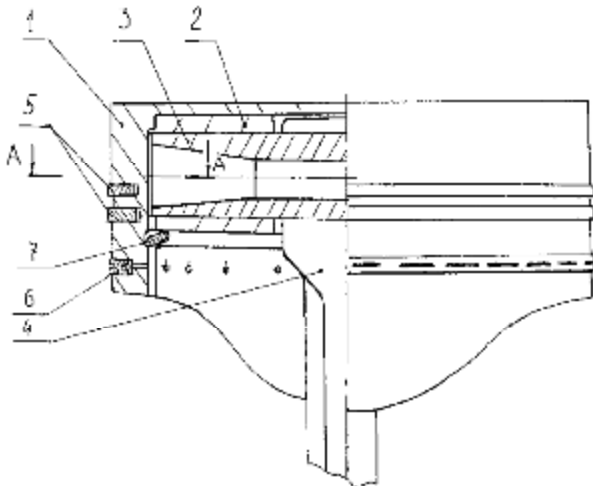


Рис. 3 Поршень двигуна внутрішнього згоряння з тонкостінним корпусом; 1 – корпус оболонковий, 2 – вставка, 3 – палець поршневий; 4 – шатун; 5 – компресійні кільця; 6 – маслозємне кільце; 7 – стопорне кільце.

Запропонована конструкція поршня має низку істотних переваг перед існуючими конструкціями, перш за все тим, що палець переміщено у верхню частину поршня, це дало можливість, не змінюючи висоту блоку циліндрів, встановити шатун 4 більшої довжини, що зменше нормальну складову сили, яка діє на поршень, притискаючи його до гільзи блоку циліндрів. Зменшення нормальної складової сили не тільки перерозподіле, у сторону збільшення зусилля на шатун, але й змеше тертя між поршнем та гільзою, тим самим підвище ресурс ЦПГ. Підвищенню ресурсу ЦПГ сприяє також і зменшення коефіцієнту тертя, оскільки обидві деталі пари виготовлені з чавуну. Слід також відзначити і підвищену осьову жорсткість поршня, оскільки палець максимально переміщено у верхню його частину і зусилля, з боку робочого тіла під час робочого ходу поршня, буде передаватись на поршневий палець по найкорот-

тшій відстані, та по максимальній площині контактування між корпусом 1 та його вставкою 2. Особливістю конструкції зазначеного поршня є і те, що зменшення нормальної складової сили, дало змогу суттєво зменшити висоту поршня, і поверхню тертя, між поршнем та гільзою, що також вплинуло на зменшення тертя у цілому. Попередні розрахунки виявили підвищення ваги поршня не більше, ніж на 20%, з суттєвим підвищенням його жорсткості та зносостійкості. До недоліків цього поршня слід віднести недостатню жорсткість днища поршня, у середній його частині, що може спричинити теплову деформацію та небажані коливання зазначеної частини.

Існує також конструкція більш жорсткого поршня двигуна внутрішнього згоряння з оболонковим тонкостінним корпусом та підвищеною жорсткістю його куполоподібного днища рис 4.

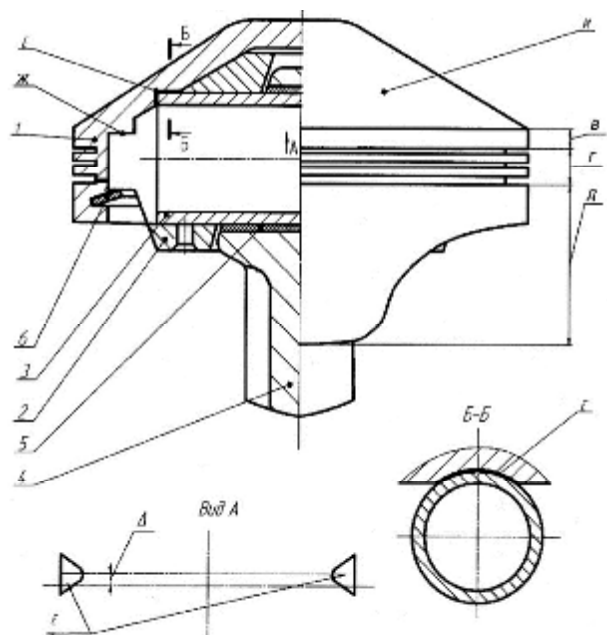


Рис. 4 Поршень двигуна внутрішнього згоряння з тонкостінним корпусом; 1 – корпус оболонковий, 2 – вставка, 3 – палець поршневий; 4 – шатун; 5 – мідна втулка; 6 – тарільчасте кільце.

Поршень має корпус 1, на якому ззовні, на циліндричній поверхні містяться жаровий «В», напрямний «Д», та ущільнюючий пояс «Г», на якому сформовані радіальні проточки, під компресійні та маслоз'ємні поршневі кільця, та який виконано тонкостінним, із жаростійкого металу, чавуну, титану, або іншого сплаву, днище якого «И», ззовні виконано конічним, вставку 2, поршневий палець 3, шатун 4, тонкостінна втулка 5, тарільчасте стопорне кільце 6.

Поршень двигуна внутрішнього згоряння працює слідуєчим чином. Під час стискання робочої суміші (або повітря для дизельних двигунів), зусилля від шатуна 4, через тонкостінну втулку 5 передається на поршневий палець 3, а далі, через вставку 2 на плоску поверхню «Ж» корпусу поршня 1. Під час робочого ходу процес

здійснюється у зворотному напрямку. З метою унеможливлення обертання корпусу поршня 1 відносно вставки 2, поршневий палець 3, своїми торцевими частинами входе у два радіальних поглиблення «Е», здійснених з внутрішньої кінцевої сторони корпусу 1 та зміщених на величину  $\Delta$  (Вид А), відносно його поперечної осі симетрії.

Під час складання, підкладений шатун 4 з тонкостінною втулкою 5, вставкою 2 та пальцем 3, вводять у внутрішню порожнину корпусу 1 таким чином, щоб виступаючі кінці пальця, увійшли у два радіальних поглиблення «Е», після чого вводять тарілчасте стопорне кільце 6, яке фіксує вставку 2 у внутрішній порожнині корпусу 1 у осьовому напрямку, унеможливаючи таким чином радіальне обертання та осьове переміщення корпусу 1 відносно вставки 2.

Запропонована конструкція вигідно відрізняється від існуючих, і в тому числі від попередньої, тим, що має підвищену жорсткість. Як і в попередній конструкції, ось симетрії пальця не тільки розміщена у верхній його частині, а й піднята на ще більшу відстань, завдяки куполоподібного днища, що дало можливість встановити тонкостінний поршневий палець підвищеного діаметрального розміру. Встановлення тонкостінного поршневого пальця стало можливим завдяки застосування шатунної головки конусоподібної форми, що дало можливість збалансу-

вати питомий тиск на палець упродовж різних циклів роботи двигуна. Слід відзначити, що застосування поршнів з токостінним оболонковим корпусом і куполоподібним днищем може бути ефективно використане, як у двигунах з турбонагнітачем, так і у двигунах безнаддувних, тобто атмосферних. Наявність куполоподібного днища дасть можливість встановлення клапанів впуску підвищеного діаметрального розміру, що збільше коефіцієнт наповнення циліндру і як наслідок збільше питому потужність двигуна у цілому.

**Висновок.** В даній статті проведено аналіз умов роботи поршней, особливостей і проблем, які існують при конструюванні перспективних конструкцій, виявлено шляхи вдосконалення, як з точки зору матеріалів, так і по конструкторсько-технологічних аспектах, запропоновано декілька конструкцій складених поршнів, при проектуванні яких були враховані деякі недоліки, які мають місце у існуючих складених поршнях двигунів внутрішнього згорання.

Використання високоміцних чавунів дає можливість отримувати малий коефіцієнт тертя між самим поршнем та гільзою блоку циліндрів, що дасть можливість зменшити їх знос та суттєво збільшити ресурс циліндро-поршневої групи, крім того чавун має набагато більшу міцність, відносно алюмінієвих сплавів, навіть легуваних кремнієм при температурах до 500<sup>0</sup>С.

#### **Список використаної літератури:**

1. Белогуб А.В. Разработка і наукове обґрунтування методики ефективного проектування поршнів двигунів внутрішнього згорання А.А. Зотов, Ю.А. Гусев, А.В. Белогуб // Двигуни внутрішнього згорання. - 2007. - №1. - С. 38-43.
2. Зотов А.А. Розробка і наукове обґрунтування методичних підходів при проектуванні поршнів сучасних легкотопливних двигунів внутрішнього згорання А.А. Зотов // Двигуни внутрішнього згорання. - 2009. - №2. - С. 78 - 83.
3. Алехин В. І. Методологія розрахунку деталі поршня на міцність в місцях дислокації дефектів усадкового характеру / В. І. Алехин, А.В. Белогуб, О. В. Акімов // Двигуни внутрішнього згорання. - 2010. - №2. - С. 62 - 65.
4. Пат. 107541 Україна, МПК F16J 1/00, F02F 3/00. Поршень двигуна внутрішнього згорання / Бодарев С.Г.; заявник та власник патенту Бодарев С.Г. — № 201400168; заявл. 11.01.2014; опубл. 12.01.15, Бюл. №1.
5. Пат. 103739 Україна, МПК F16J 1/00, F02F 3/00. Поршень двигуна внутрішнього згорання / Бодарев С.Г.; заявник та власник патенту Бодарев С.Г. — № 201302287; заявл. 25.02.2013; опубл. 11.11.15, Бюл. №21.

#### **Бодарев С.Г., Ребрый А.Н., Рыбенко И.А., Рясна О.В. Перспективные конструкции сборных чугунных поршней высокофорсированных двигателей внутреннего сгорания.**

*В данной статье проведен анализ условий работы поршней, особенностей и проблем, которые существуют при конструировании перспективных поршневых двигателей, выявлены пути совершенствования, как по материалам, так и по конструкции, предложено несколько перспективных составных поршней, при проектировании которых были учтены ряд недостатков, которые имеют место в существующих составных поршнях двигателей внутреннего сгорания. Отмечено, что поршни с оболочковым корпусом и куполообразным днищем имеет незначительное увеличение веса в пределах 20% при этом существенно увеличивается их радиальная и особенно осевая жесткость. Поршни данного типа могут эффективно быть использованы, как в двигателях с турбонаддувом, так и в двигателях атмосферных. Наличие куполообразного днища даст возможность установки клапанов впуска повышенного диаметрального размера, что увеличит коэффициент наполнения цилиндра и как следствие, увеличит удельную мощность двигателя в*

целом.Использование высокопрочных чугунов обеспечит малый коэффициент трения между поршнем и гильзой блока цилиндров, что позволит уменьшить их износ и существенно увеличит ресурс цилиндро-поршневой группы двигателя. Также представлены конструкции двух поршней с жаропрочными чугунными оболочковыми корпусами защищенными патентами Украины.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, поршень, мощность, конструкция, загрузка.

**Bondarev S., Rebriy A., Rybenko I., Ryasna O. Perspective of complex construction cast piston highly combustion engine.**

*In this article the analysis of the conditions of the pistons, the features and problems that exist when designing a promising piston engines, identified ways to improve how the materials and design proposed several promising composite pistons, the design of which took into account a number of shortcomings in existing composite pistons of internal combustion engines. It is noted that pistons with shell casing and a domed bottom has a slight increase in weight within 20% while significantly increasing their radial and especially axial stiffness. Pistons of this type can effectively be used in turbocharged engines and in engines atmospheric. The dome shaped bottom will allow for the installation of valves intake increased diametrical size, which will increase the filling ratio of the cylinder and as a consequence, increase the power density of the engine as a whole. The use of high-strength cast irons will provide a low coefficient of friction between the piston and liner of cylinder, which will reduce wear and significantly increase the service life of the cylinder-piston group of the engine. Also presents the design of two pistons with heat-resistant cast iron shell hulls protected by patents of Ukraine.*

**Keywords:** internal combustion engine, piston, power, construction, load.

Дата надходження до редакції: 26.02.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК 631.3:001

**ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СИСТЕМИ МАШИН  
НА РОЗВИТОК РЕМОНТНОЇ БАЗИ ОБ'ЄДНАНЬ «СІЛЬГОСПТЕХНІКА»**

**С. М. Герук**, к.т.н., доцент, старший науковий співробітник, член кореспондент інженерної академії України, ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**О. М. Сукманюк**, к.і.н., старший викладач, Житомирський національний агроекологічний університет

**О. М. Калнагуз**, старший викладач, Сумським національний аграрний університет

*Для підвищення продуктивності машино-тракторного парку, зниження собівартості сільськогосподарської продукції, здійснення комплексної механізації сільського господарства у СРСР передбачалось застосування не випадкового набору машин та обладнання, а науково обґрунтованої системи різних, взаємодоповнюючих одна одну робочих машин – Системи машин.*

*Робота присвячена складному і актуальному питанню впливу Системи машин на розвиток ремонтної бази об'єднань «Сільгосптехніка» та зроблена спроба розглянути її вплив на розвиток ремонтної бази об'єднань «Сільгосптехніка».*

*Запровадження Системи машин дозволило раціонально обмежити сукупність технічних засобів, які узгоджено розроблялися, виготовлялися та поставлялися в сільське господарство у плановому порядку, зменшило номенклатуру деталей, що підлягали відновленню та дозволило зосередити кошти та зусилля на ремонті основних деталей сільськогосподарської техніки із застосування передових технологій та налагодити масове виробництво.*

*Система машин - це також затверджений відомствами-розробниками систематизований перелік використовуваних та рекомендованих до застосування технологічних комплексів і технічних засобів для механізації робіт в рослинництві, тваринництві та меліорації, що забезпечують виробництво сільськогосподарської продукції за інтенсивними технологіями.*

*В даній статті розглянуто і систематизовано основні етапи розвитку ремонтної бази об'єднань «Сільгосптехніка», а також наведено особливості впливу системи машин на даний розвиток. Особливу увагу приділено системі машин, що розроблялась на основі результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, прогресивних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Показані напрямки діяльності працівників Центрального дослідно-конструкторського проектно-технологічного бюро, Всесоюзного науково-дослідного інституту, відділень та філій, а також представлено ряд їх розробок.*

*Так вченими ВНВО «Ремдеталь» була розроблена «Перспективна схема розвитку виробництва з відновлення зношених деталей в системі «Держкомсільгосптехніки»» до 1990 року, та*