

Модернізація приводів верстатного обладнання системами автоматичного управління з адаптивними властивостями

У статті пропонується підвищити вихідні параметри верстатного обладнання (продуктивність, точність, надійність і т.д.) за рахунок модернізації їх приводів подачі та головного руху системами автоматичного управління з адаптивними властивостями.

привод подачі, привод головного руху, автоматичне управління, адаптація, верстатне обладнання

При проектуванні технологічного процесу обробки для гарантованого одержання деталі, яка відповідає заданим вимогам, розрахунок режимів різання ведуть за найгіршим поєднанням умов обробки (найбільшим можливим припуском, найменшою жорсткістю технологічної оброблювальної системи (ТОС) і т.п.), що призводить до втрат продуктивності. Ці втрати значно зростають у випадку обробки деталей низької жорсткості зі складними поверхнями, при обробці яких параметри обробки змінюються в різних місцях контуру в десятки разів. В цьому випадку традиційний підхід (розрахунок за найгіршими умовами обробки) призводить до неприпустимо вагомих втрат.

Уникнути вказаних втрат продуктивності найбільш ефективно можливо шляхом застосування систем автоматичного управління, що дозволяють автоматично компенсувати негативні наслідки від різких та значних змін параметрів обробки, отримати високу точність робочих і допоміжних переміщень органів верстатного обладнання і зберігають важливу властивість в умовах сучасного виробництва – гнучкість, можливість швидкого перенастроювання [1].

Проведені дослідження [2, 3] показали, що застосування систем автоматичного управління з адаптивними властивостями забезпечує значне підвищення продуктивності верстатного обладнання, точності обробки деталей; дозволяє збільшити стійкість інструмента та контролювати ступінь його затуплення; запобігти можливості поломки вузлів ТОС внаслідок перевантаження.

Технологічне навантаження, що виникає в процесі обробки, створює навантаження на приводи механізмів руху формоутворення верстатного обладнання [4]. Стабілізація навантаження механізмів верстата і інструменту веде до підвищення продуктивності і точності обробки [2]. Резерв підвищення ефективності верстатного обладнання полягає в удосконаленні приводів, наприклад головного руху і подачі [5].

Таким чином, вирішення задачі створення простих конструкцій пристроїв захисту від перевантаження і стабілізації навантаження відкриває широкі можливості підвищення ефективності приводу верстатів. В процесі вирішення задачі було запропоновано ряд конструктивних рішень приводів верстатного обладнання, що забезпечують стабілізацію технологічного навантаження, наприклад крутного моменту, шляхом управління різними параметрами процесу обробки, наприклад подачею, швидкістю обертального руху і т.п.

Конструкція адаптивного пристрою стабілізації крутного моменту в приводі головного руху шляхом управління подачею з одночасним захистом від перенавантаження приведена на рис. 1. Пристрій містить ведучий шків 4 встановлений на втулці 6, сполучений з нею шліцьовою передачею шпindel 7. Шпindel 7 встановлений в пінолі 8.

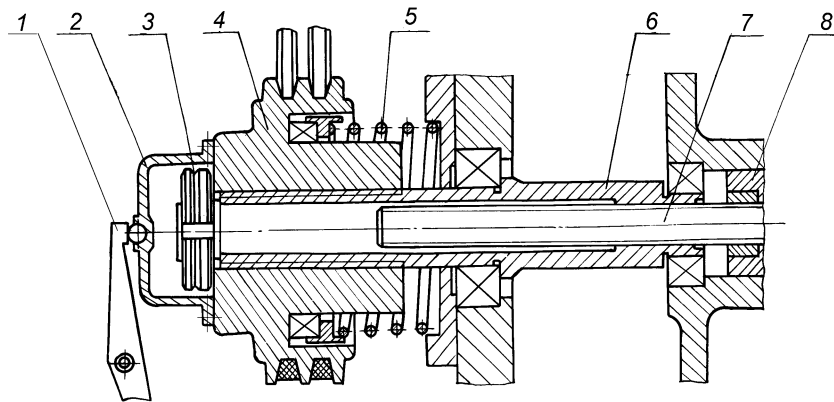


Рисунок 1 – Схема механізму стабілізації крутного моменту управлінням подачею

На втулці 6 нарізаний гвинт, який створює з гайкою, нарізаною в отворі шківа 4 несамогальмівну гвинтову передачу. Шків 4 через підшипник спирається на пружину 5. Регулювання стиснення пружини здійснюється гайками 3. На шківі 4 закріплена кришка 2 в якій запресована кулька. Кулька спирається на підпружинений важіль 1 механізму управління подачею верстата.

В процесі роботи приводу передача крутного моменту веденій втулці 6 здійснюється за допомогою гвинтової передачі 4-6. У шліцьовий отвір втулки 6 входить шліцьовий хвостовик шпindel 7, встановленого в пінолі 8. Таке з'єднання веденої втулки і шпindel забезпечує передачу крутного моменту на шпindel верстата і дозволяє шпинделю 7 з піноллю 8 здійснювати незалежні осьові переміщення.

При передачі крутного моменту осьова сила гвинтової передачі 4-6 стискатиме пружину 5 і переміщати шків 4 в осьовому напрямі. Із збільшенням передаваного крутного моменту пропорційно збільшуватиметься осьова сила, яка стискає пружину 5, осьовий зсув шківа 4 викликає поворот важеля 1 механізму управління подачею. Зменшення передаваного крутного моменту дозволяє пружині перемістити рухому систему у зворотному напрямі.

При використанні пристрою в приводі верстатів система налаштовується таким чином, що при досягненні граничного допустимого крутного моменту, регулятор зменшує величину робочої подачі, що призводить до зменшення збільшеного крутного моменту. Зменшення подачі відбуватиметься до тих пір, поки крутний момент в приводі головного руху перевищуватиме гранично допустимий. Зменшення крутного моменту дозволить пружині перемістити гвинт в осьовому напрямі і встановити потрібну подачу обробки із заданим крутним моментом. Таким чином, пристрій в межах чутливості механізму утримуватиме на ріжучому інструменті постійний, максимально-допустимий крутний момент. У приводах верстатів, що не мають механізмів безступінчатої зміни робочої подачі, такі механізми можуть бути використані як порогові пристрої для виключення приводу при зростанні крутного моменту за допустимі межі або відведення інструменту від оброблюваної деталі, періодичного виведення свердла з отворів при глибокому свердленні і т.п.

Адаптивне безступеневе управління приводом обертального руху шляхом стабілізації швидкості головного руху забезпечує конструкція показана на рис. 2.

У корпусі редуктора 3 встановлений на підшипниках ведучий вал 2, з'єднаний з двигуном (на схемі не показаний). Конічна поверхня 4 ведучого валу 2 спирається на два ряди кульок 11, 10, встановлених між конічними поверхнями з взаємним перекриттям рядів. Конічна поверхня 5 виконана в корпусі, а поверхня 6 виконана на веденому валу приводу, встановленому на підшипнику в корпусі 3. Кульки 11 додатково спираються на упорний підшипник, встановлений на ведучому валу 2.

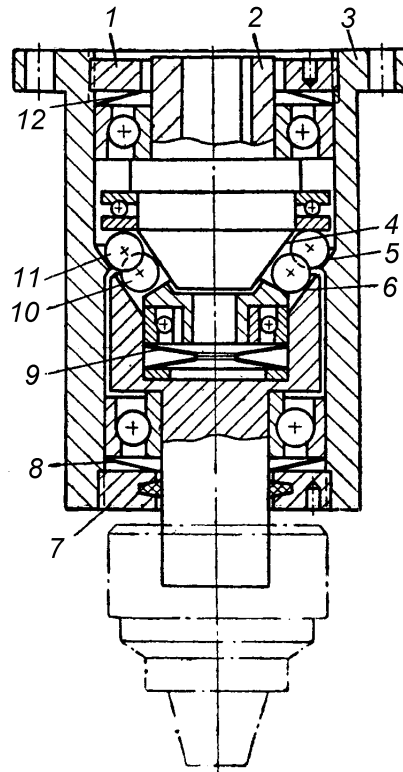


Рисунок 2 – Схема приводу, що забезпечує стабілізацію швидкості обертального руху

При обертанні двигуна і з'єданого з ним валу 2 кульки 11, підтиснуті пружиною 12, перекочуються по нерухомій конічній поверхні 5. Одночасно кульки 10, перекочуючись по конусу валу 2, передають обертання конічній поверхні 6 веденого валу.

Збільшення навантаження, яке передається, викликає збільшення сили, направленої на зменшення величини перекриття рядів кульок 11 і 10. Це веде до стиснення пружини 9, зменшення передавального відношення і збільшення швидкості обертання веденого валу 6. Таким чином відбувається компенсація падаючої характеристики приводу за швидкістю і підвищення жорсткості приводу. Пружина 8 забезпечує необхідну силу нормального тиску, що стискає кульки між конічними поверхнями 4, 6. Пружина 8 регулюється гайкою 7, а пружина 12 – гайкою 1.

Адаптивне перемикання швидкості приводу обертального руху з метою стабілізації крутного моменту, шляхом управління швидкістю обертання валу приводу головного руху забезпечує конструкція, показана на рис. 3.

Від ведучого валу 1 приводу рух може передаватися веденому валу 6 шестернями 8 і 7 або 2 і 3. Ведена шестерня 7 сполучена з валом 6 через обгінну муфту 5 односторонньої дії, а ведена шестерня 3 з валом 6 – через фрикційну муфту 4 граничного моменту. Особливістю фрикційної муфти 4 є використання кулькового механізму виключення муфти після досягнення заданого крутного моменту. Передача крутного моменту, який не перевищує задану величину, на яку настроюється фрикційна

муфта, здійснюється через шестерні 2 і 3 і муфту 4. При зростанні крутного моменту за встановлену межу фрикційна муфта 4 вимикається і рух валу 6 передається через шестерні 8 і 7 і обгінну муфту 5 з меншим числом обертів.

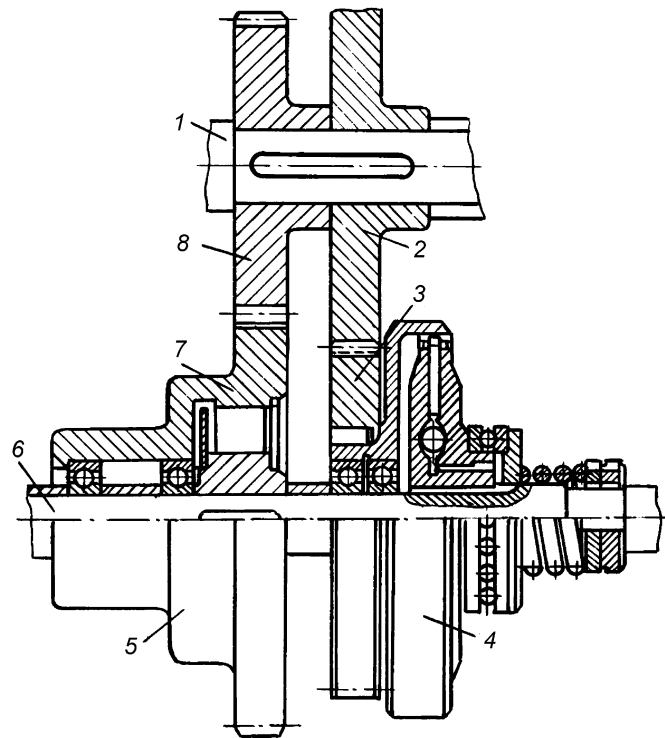


Рисунок 3 – Схема механізму стабілізації крутного моменту автоматичним перемиканням швидкості обертального руху

Автоматичне перемикання швидкості приводу обертального руху для стабілізації крутного моменту технологічного навантаження на вказаний привод забезпечує пристрій, схема якого показана на рис. 4.

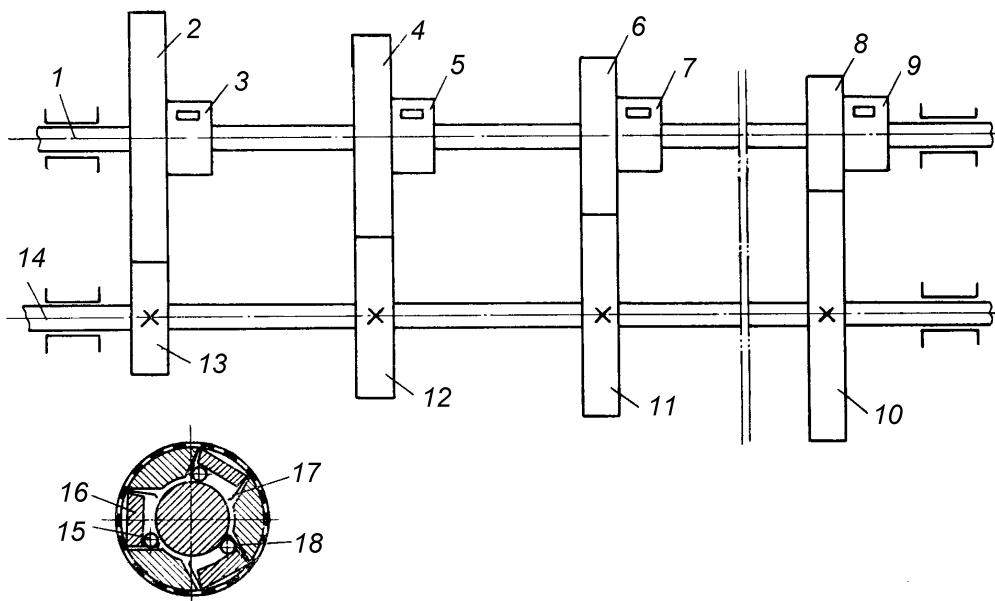


Рисунок 4 – Схема механізму автоматичного перемикання швидкості валу в залежності від крутного моменту

Механізм містить ведучий вал 1, ведений вал 14, зубчаті передачі 2-13, 4-12, 6-11, 8-10 і т.д. Ведучі шестерні передач пов'язані з веденим валом 14 через обгінні муфти двосторонньої дії 3, 5, 7 і 9, що настроюються на певний заданий граничний крутний момент. Граничні значення крутних моментів муфт убуваючих швидкісних ступенів, зв'язані співвідношенням.

При передачі крутного моменту, що не перевищує заданої величини, передавальної обгінної муфти 3, ведучий вал 14 отримує обертання через шестерні 2-13 з максимальною швидкістю. Ведені елементи муфт 5, 7, 9 випереджають ведучі їх елементи, і муфти відключені.

Зростання крутного моменту, який передається за встановлену на першому ступені величину викликає синхронний зсув підпружинених плунжерів 16, що дозволяє роликam 15 перейти з однієї порожнини в іншу. Обгінна муфта при цьому відключається, розриваючи кінематичний ланцюг передачі 2-13. Обгінна муфта 5 заклинюється і забезпечує передачу обертання веденому валу через шестерні 4-12. Ведена частина обгінної муфти 3 відстає від ведучої, і муфта залишається вимкненою. Відключені також муфти 7 і 9.

Перевантаження механізму на другому ступені викликає виключення муфти 5, і обертання передається веденому валу через муфту 7 і шестерні 6-11 і т.д. При виключенні останньої муфти 9 кінематичний зв'язок веденого і ведучого валів переривається. У разі, коли розрив кінематичного ланцюга між ведучим валом 1 і веденим валом 14 недопустимий, остання муфта 9 виконується без можливості перемикавання.

Автоматичне перемикавання швидкості приводу головного руху в залежності від крутного моменту технологічного навантаження забезпечує схема показана на рис. 5.

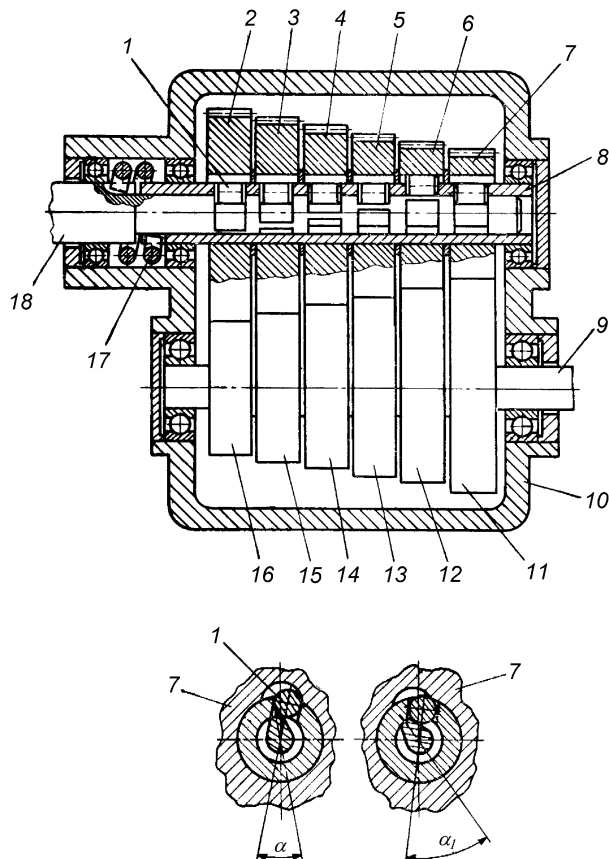


Рисунок 5 – Схема автоматичної зміни передач в приводі головного руху

Коробка зміни передач містить корпус 10, в якому на підшипниках встановлені ведучий 9 і ведений порожнистий вал 8, на валах укріплені циліндрові зубчаті колеса, які утворюють передачі 11-7; 12-6; 13-5; 14-4 ; 15-3; 16-2. Ведучі шестерні закріплені на валу 9 і знаходяться в постійному зачепленні з веденими шестернями, які по черзі з'єднуються з валом 8 через роликові шпонки 1, встановлені в пазах порожнистого веденого валу 8.

На гладку ділянку кулачкового валу 18 коробки передач одягнена циліндрова пружина 17, одним кінцем закріплена на валу 18, а іншим – на веденому порожнистому валу 8, яка передає крутний момент навантаження. В результаті кулачкова ділянка валу 18 повертається щодо порожнистого відомого валу 8.

Передача крутного моменту мінімального значення, викликає поворот валу 18 щодо валу 8 під кутом α . Роликова шпонка 1 забезпечує передачу навантаження, тому ведений вал 8 обертається зі швидкістю, визначеної передавальним відношенням шестерні 11-7. Решта всіх ведених шестерень в цей час не сполучені з валом 8 і обертаються вхолосту, оскільки їх роликові шпонки не спираються на виступ кулачка валу 18.

Подальше збільшення крутного моменту навантаження призводить до подальшого закручування пружини 17 і збільшення кута повороту валу 18 щодо веденого валу 8 до значення α_1 . Роликова шпонка 1 сходить з виступу профілю кулачка і звільняє шестерню 7. Передача 11-7 вимикається. Одночасно відбувається включення передачі 12-6, оскільки шестерня 6 при подальшому повороті кулачкового валу 18 з'єднується з валом 8. Всі інші ведені шестерні відключені і обертаються вхолосту. Подальше зростання крутного моменту навантаження викликає виключення передачі 12-6 і включення 13-5 і т.д. Зниження крутного моменту навантаження призводить до повернення системи в початкове положення.

Стабілізацію технологічного навантаження, а саме крутного моменту, ряд запропонованих пристроїв реалізують шляхом управління подачею. Для реалізації даної можливості необхідно щоб привод подачі забезпечував: по-перше широкий діапазон регулювання швидкості; по-друге можливість перемикання швидкості на ходу, безпосередньо в процесі обробки. Обидві вказані можливості реалізує конструкція варіатора швидкості регулювання руху подачі приведена на рис. 6.

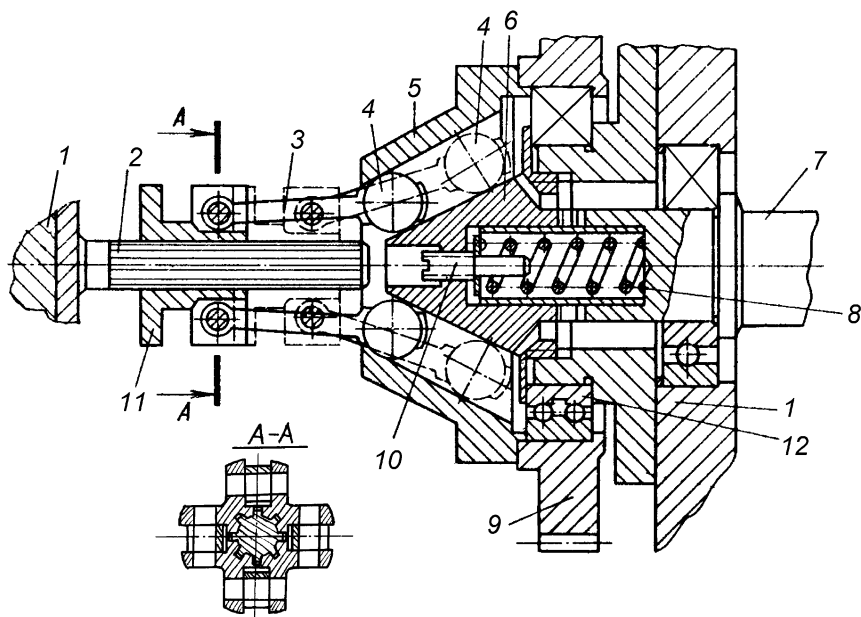


Рисунок 6 – Кульковий варіатор швидкості приводу подачі

Кульковий варіатор швидкості містить корпус 1, в якому встановлений вхідний вал 7, на якому, у свою чергу, рухомо в осьовому напрямі встановлений конус 6 із зовнішньою робочою поверхнею.

У корпусі 1 на шліцьовому валу 2 з можливістю осьового зсуву посаджена втулка 11, на якій рівномірно по колу шарнірно встановлені важелі 3, несучі на вільних кінцях кульки 4, що взаємодіють з конусом 6 і внутрішньою конічною поверхнею втулки 5. Остання розташована в корпусі 1 на підшипнику 5 і має зубчатий вінець 9, що взаємодіє з веденою ланкою (на схемі не показано). Осьове підтискання забезпечується пружиною 8 з регулювальним гвинтом 10.

Кульковий варіатор швидкості працює таким чином. Обертання вхідного валу 7 і конуса 6 через кульки 4 передається на втулку 5 і далі на ведену ланку. Регулювання швидкості обертання останньої здійснюється переміщенням втулки 11 в осьовому напрямі.

Висновки. Проектування технологічного процесу обробки за допомогою традиційного підходу, який полягає у розрахунку режимів різання за поєднанням найгірших параметрів обробки призводить до значних не виправданих втрат, особливо у випадку обробки деталей низької жорсткістю зі складними поверхнями.

Застосування у верстатному обладнанні систем автоматичного управління з адаптивними властивостями дозволяє частково або повністю усунути похибки обробки, що виникають від різких та значних змін параметрів обробки.

Оскільки технологічне навантаження, що виникає в процесі обробки, навантажує приводи верстатного обладнання, як правило привод головного руху та привод подачі, тому є перспективною модернізувати вказані приводи системами автоматичного управління з адаптивними властивостями.

Модернізація приводів верстатного обладнання системами стабілізації крутного моменту шляхом управління або подачею, або швидкістю головного обертального руху, дозволить досягти підвищення продуктивності, точності обробки, підвищити стійкість інструмента з одночасним запобіганням можливості поломки вузлів вказаного обладнання та робочих інструментів внаслідок перевантаження.

Список літератури

1. Петраков Ю.В. Теорія автоматичного управління в металообробці: Навч. посібник.– К.: ІЗМН, 1999.– 212 с.
2. Адаптивное управление станками / Базров Б.М., Балакшин Б.С., Баранчуков И.М., Вороненко В.П., Евсеев Б.А. и др.; Под ред. Б.С. Балакшина – М.: Машиностроение, 1973, – 688 с.
3. Соломенцев Ю.М. Митрофанов В.Г., Протопопов С.П. и др. Адаптивное управление технологическими процессами. – М.: Машиностроение. – 1980.– 536 с.
4. Пестунов В.М., Лисенко О.В. Підвищення ефективності металообробного обладнання удосконаленням приводів. – Зб. наук. пр. КНТУ. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2006.– Вип. 17.– С. 154-160.
5. Пестунов В.М., Лисенко О.В. Системи автоматичного управління з адаптивними властивостями в приводах верстатів.– Зб. наук. пр. КНТУ. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2007.– Вип. 18.– С. 42-49.

В статье предлагается повысить выходные параметры станочного оборудования (производительность, точность, надежность и т.д.) за счет модернизации приводов подачи и главного движения системами автоматического управления с адаптивными свойствами.

In the article it is suggested to rise of machine-tool equipment parameters (productivity, accuracy, reliability etc.) by modernization of drives of serves and main motion with the systems of automatic control with adaptive properties.

Одержано 26.09.07