

Міністерство освіти України  
Полтавський державний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

На правах рукопису  
УДК 625. 084 : 625.072

*ТАРКУЦЯК Анатолій Олександрович*

**Фізико-технічні основи захисту робочих  
поверхонь будівельних машин від забруднення**

05.05.02. Машини для виробництва будівельних  
матеріалів і конструкцій.

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

**Полтава — 1997**

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00751319 (Q)

Міністерство освіти України  
Полтавський державний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

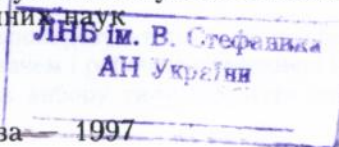
На правах рукопису  
УДК 625. 084 : 625.072

*ТАРКУЦЯК Анатолій Олександрович*

**Фізико-технічні основи захисту робочих  
поверхонь будівельних машин від забруднення**

05.05.02. **Машини для виробництва будівельних  
матеріалів і конструкцій.**

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



Полтава — 1997

АВ 38.760

Дисертація є рукопис

Робота виконана у Київській академії автомобільного транспорту і Вищому закладі освіти "Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу".

Науковий керівник — доктор технічних наук, професор, академік АБ України *Сівко В. Й.*

Офіційні опоненти — доктор технічних наук, професор *Яковенко В.Б.;*

— кандидат технічних наук *Васильєв А. В.*

Провідна установа — ОП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" Держкоммістобудування України

Захист відбудеться "10" грудня 1997 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої Ради К 25.01.01 у Полтавському державному технічному університеті за адресою: 314601, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ПДТУ

Автореферат розісланий "06" листопада 1997 р.

**Вчений секретар  
спеціалізованої  
вченої Ради, кандидат  
технічних наук, доцент**

**М. П. Нестеренко**

## Загальна характеристика роботи

**Актуальність роботи.** При виконанні будівельних робіт разом з створенням високопродуктивних машин і обладнання вимагається вирішення питань, що пов'язані з підвищенням їх працездатності.

На сьогодні більшість будівельних машин та обладнання пов'язано з переробкою цементнобетонних сумішей на період їх приготування, транспортування та виготовлення виробів і споруд з них. При цьому поверхні робочих органів машин знаходяться в постійній взаємодії з сумішами, які постійно змінюють свої якості, та забруднюють поверхні робочих органів. Інтенсивність такого забруднення є одним з факторів, що впливає на працездатність машин і обладнання в період експлуатації. Так налипання бетонних сумішей до внутрішніх поверхонь змішувачих барабанів в період приготування цементобетонів часто призводить до невиробничих простоїв і руйнування змішувачих установок. Після транспортування спостерігається неповне розвантаження сумішей з транспортних ємкостей, очищення яких вельми трудомісткий процес, який потребує, як правило, застосування ручної праці. Також в період виготовлення виробів і споруд з бетонів трудомісткість процесів розпалубки та очищення форм обумовлюється також зчіплюванням бетонів з поверхнями форм, відновлення працездатності яких потребує значного працевитрачання, що в свою чергу відбивається на їх обертаємості. Також в період виготовлення споруд в ковзаючих формах (з за їх неможливості очищення в процесі проведення робіт) спостерігаються відриви бетону з конструкцій, при цьому витрати на ремонт і наступні оброблювальні роботи іноді доходять до розміру витрат на будівництво в цілому.

Ось чому актуальною задачею в розв'язуванні цих проблем і, тому, підвищення працездатності машин та обладнання, контактуючих з різноманітними матеріалами та сумішами у процесі виконання робіт, є розробка високоефективних засобів зниження сил взаємодії між сумішами та поверхнями контактування робочих органів.

**Наукова ідея:** Ефективність захисту робочих поверхонь будівельних машин від забруднення може бути підвищена за рахунок створення умов самоочищення, що досягається їх покриттями матеріалами до яких сили адгезії менше ніж сили когезії забруднювача. Це сприяє попередженню розриву забруднювача по когезійних зв'язках, коли буде мати місце типовий когезійний відрив.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в вирішенні задачі взаємодії між забруднювачем і робочою поверхнею машини, а також в створенні за рахунок вибору типу покриття поверхонь

робочих органів будівельних машин умов, при яких сили адгезії менше ніж сили когезії забруднювача.

#### **Мета роботи полягає у:**

- установленні міцності адгезійного зв'язку між забруднюючими матеріалами (цементобетонними сумішами і асфальтобетонними сумішами, ґрунтами, смолами і ін.) і робочими поверхнями машин і обладнання;

- розробці методики вибору типу покриття робочих поверхонь машин в залежності від типу забруднювача;

- розробці методів нанесення покриття на робочі поверхні машин;

- дослідженні зносу поверхні покриття в залежності від типу забруднювача і режиму роботи машини.

#### **На захист виносяться:**

- закономірності взаємодії між робочими поверхнями машин і різними видами забруднювачів;

- закономірності взаємодії між різними покриттями робочих поверхонь машин і видами забруднювачів;

- рекомендація по вибору типу покриття робочих органів машин в залежності від забруднювача;

- технологія нанесення покриття на робочі поверхні машин;

- закономірності зношення покриття в залежності від виду забруднювача і режиму зношення.

**Практична цінність.** Визначенні сили взаємодії між різними поверхнями машин і різними типами забруднення. Розроблена методика прогнозування умов налипання забруднювача і створення умов для самоочищення робочих поверхонь нанесенням відповідних покриттів. Розроблені методи нанесення захисних покриттів поверхонь робочих органів машин від забруднення.

**Реалізація роботи.** Результати праці знайшли застосування:

- при проведенні будівництва комплексу та об'єктів Спеціального конструкторського технологічного бюро с дослідним виробництвом склопластиків Інститута механіки НАН України;

- при транспортуванні цементобетонних сумішей на об'єкти автосамоскидами Будівельно-монтажного управління №2 комбінату "Київпромбуд" в минулому Мінпромбуду України;

- при розробці Інститутом Діпроцивільпромбуд нової технології виготовлення фундаментів стаканного типу під колони.

**Апробація роботи.** Дисертаційна робота доповідалась і була схвалена на засіданні кафедр "Дорожні машини" Київської академії автомобільного транспорту, "Експлуатації та ремонту будівельних машин і обладнання" КДТУБА, на спільному семінарі кафедр СДМ, БДМ, та ОП ХАДУ. Матеріали та результати дослідів доповідались на 38 та 48 наукових конференціях професорсько-

викладацького складу УТУ /Київ, 1981, 1982 рр./, на XXXV науковій студентській конференції /Київ, 1977 р./, на 5 та 24 засіданнях научно-технічної Ради СКТБ ИМ АН України /Київ, 1982, 1983 рр./, на 5 Міжнародній конференції (Одеса, 1997 р.), на 6 Міжнародній конференції (Рубіжне, Україна, 1997 р.), на засіданні кафедр ПДТУ (м.Полтава, 1997 р.)

**Публікації по роботі.** Основні положення дисертації опубліковані в шести роботах. За матеріалами досліджень отримано три авторські свідчення.

**Об'єм роботи.** Дисертаційна робота загальним об'ємом 231 сторінка вміщує 129 сторінок машинописного тексту, 36 малюнків, 20 таблиць і складається з 5 розділів, загальних висновків і пропозицій, шести додатків і списку літератури з 117 найменувань.

Автор висловлює шире подяку всім, хто дав зауваження за місцем апробації роботи, особисто І.І Тимошенко, І.Г. Головачу, В.С. Ловейкіну (консультанту), І.В.Глуховському за цінні зауваження, пропозиції та корисні поради.

**Зміст роботи.** При проектуванні машин та обладнання для приготування та переробки різноманітних матеріалів та сумішей урахування процесу взаємодії матеріалів з поверхнями робочих органів машин проводиться опосередкованим шляхом — підставкою в розрахункові формули розрахунку сил опору, діючих на робочі органи машин на час проведення робіт, значень коефіцієнта зовнішнього тертя матеріалів по контактуючим поверхням, ж дія сил адгезії при цьому практично не враховується. Значення коефіцієнта зовнішнього тертя мають дуже великий діапазон, наприклад для сталевих поверхонь та цементобетонної суміші він дорівнює значенням від 0,3 до 0,8, вільна підстановка яких в розрахункові формули і є однією з причин різнобічних ускладнень при експлуатації машин та обладнання.

Зволікання реальним значенням сил тертя між робочими поверхнями і сумішами викликає суттєве зниження надійності будівельної техніки. Робота присвячена розробці методів зниження дії адгезії перероблюючого матеріалу до поверхонь робочих органів будівельних машин та обладнання.

Зниження ступеня адгезіонної взаємодії контактуючих матеріалів на практиці проводиться використанням різних засобів механічної очистки поверхонь контактування чи використанням профілактичних заходів, що відокремлюють матеріали контактування /для сталевих поверхонь це як правило оприскування поверхні нафтопродуктами/, що дозволяє трохи підвищити працездатність цих машин і обладнання, але дискретність дії механічних засобів та одноразовість заходу оприскування не дозволяють досягти ефективного зниження ступеня адгезіонної взаємодії при контакті матеріалів та сумішей і контактуючих поверхонь робочих органів машин і обладнання на час їх використання при проведенні робіт. Також засоби, що використовуються для зниження ступеня такої взаємодії, не

завжди є інактивними по відношенню до матеріалів. Ці обставини й обумовили необхідність постановки спеціальних дослідів.

Робота базується на аналізі літературних джерел і результатів дослідів авторів Е.М. Альтшуллера, В.А. Баумана, А.М. Бітаєва, І.П. Бородачева, В.А. Бояренко, П.П.Василюка, І.М. Гомозова, Н.І. Данілова, Р.А.Каграмонова, Ф.А. Лапіра, М.Д. Липного, В.Й. Сівко, В.П. Сухачева, В.К. Некрасова, Ю.Ф. Чубука, та інш. в галузі застосування машин і обладнання, що контактують з цементобетонними сумішами, Е.А.Амеліна, Є.П. Андреева, Й.М.Ахвердова, О.Я. Берга, Ю.С. Бурова, Ф.Вавржина, Дж.Дж. Вербека, Б.В.Волконського, А.В. Волженського, В.Г.Гарашина, І.Г. Гранковського, М. Даймона, В.Є. Каушанського, В.В.Козлова, В.С. Колокольнікова, Р. Кондо, С.І. Конторовича, Ю.Е.Корніловича, Л.Є.Коумплада, З.М. Ларіонова, В. Лохера, О.І.Лук'янова, У.Людвіга, С.Д. Макашева, В.Г. Мікульського, Л.В. Мікітина, А.Ф.Полака, П.А. Ребіндера, В. Ріхарца, Д.М. Роя, Е.Е. Сегалова, Є.С.Солов'юва, А.В.Шейкіна, Н.П. Штеерта, Л.Г. Шпиновой, в галузі досліджень властивостей цементобетонів при набиранні міцності, В.Є.Басіна, А.А. Берліна, С.С. Воюцкого, Б.В. Дерягіна, А.Д.Зімона, Н.А.Кротової, Н.І.Москвітін та інших, в працях яких були сформульовані й знайшли розвиток теорії процесу адгезії, І.Я. Альшица, В.І.Благова, І.І. Вербицького, В.В. Жукова, А.А. Зав'ялова, В.А. Каргіна, Ю.С.Липатова, Р.А.Рутто, І. Уорда, І.М.Шестакова, О.Р. Юркевича та інших авторів, що досліджували фізико-механічні властивості полімерних матеріалів і розробили різноманітні засоби нанесення полімерного покриття. Також ця робота базується на результатах досліджень Х.Асатова, В.І. Баловнева, Р.П. Баронаса, А.Я.Башкарова, В.В.Беспалого, В.В. Богача, В.А. Буракова, І.П.Головача, В.А. Голубенкова, Ф.А. Гольдмана, А.М. Горшкова, В.А. Данелюка, В.Г. Дворянчикова, О.І.Довжика, В.Я. Єрьоміна, Ю.І. Єрмілова, В.А. Забродкіна, Р.П. Задне-провського, І.С. Івасива, А.В. Ізотова, Р.Є.Ілленко, І.Н.Іскандерова, Р.Д.Карімова, А.П. Каузіса, В.П. Кочеулова, Н.І.Миронова, В.Д.Мусійко, П.Т. Миколаєнко, І.Г. Олейникова, Ю.І. Орловського, В.Є.Паранакяна, В.І.Петракова, А.С. Прозорова, В.Б. Ратинова, В.К. Руднева, Л.П.Свірідова, В.П. Селіванова, В. П. Семенова, Р.І.Синявської, М.В.Симченко, Г.Н.Синеокова, В.С. Стеріна, П.М.Суліми, І.В. Топилко, В.Д.Топчия, Л.А. Хмари, А.Л. Цандрія, У.З. Шнайдермана, А.М. Юсупова, В.М.Яковлева та інших дослідників, в працях яких висвітлені питання взаємодії різних матеріалів при контакті в гірничій, ґрунторозроблюючій та будівельних сферах виробництва.

Аналіз літературних даних ряду авторів в галузях застосування будівельних машин та обладнання і аналіз дослідів стану бетонів та різноманітних матеріалів в процесі затвердіння, і дослідів процесів адгезії матеріалів дозволили припустити, що використання в при розрахунку сил опору значень коефіцієнта зовнішнього тертя матеріалів по контактуючій поверхні при визначенні параметрів

працездатності машин і обладнання, що проектується, не завжди відповідає дійсності тому, що згідно з твердженням ряду дослідників процесу адгезії матеріалів, якщо один з контактуючих матеріалів сформований рідкою фазою (наприклад, цементобетонні суміші в період застосування будівельних машин та обладнання в першому наближенні можна рахувати як в'язкотекучі рідини), сили адгезії в загальному процесі взаємодії є головними. І якщо їх значення при контакті контактуючих матеріалів більші, ніж значення сил когезії (міцності) контактуючого адгезива (в даному разі цементобетонна суміш), а сутності цих процесів за твердженням приведених вище авторів, що займаються дослідями в цій галузі, ідентичні, то розторгнення контактуючих матеріалів при дії зовнішніх сил буде проходити по когезійних зв'язках, тобто буде спостерігатися типовий когезійний відрив. В цьому випадку, при подальшому русі контактуючої поверхні працюючого органу, на який налипла суміш від дії сил адгезії, що має місце в дійсності, треба вже враховувати коефіцієнт внутрішнього тертя.

**Закономірності взаємодії між робочими поверхнями машин і різними видами забруднювачів (цементобетонних і асфальтобетонних сумішей, ґрунтів і інш.)** вивчались експериментальними засобами.

Для цього була розроблена і виготовлена спеціальна установка для одночасного визначення сил міцності адгезії при контакті з різними матеріалами контактування і сил когезії всередині забруднювача (а.с. 1203432).

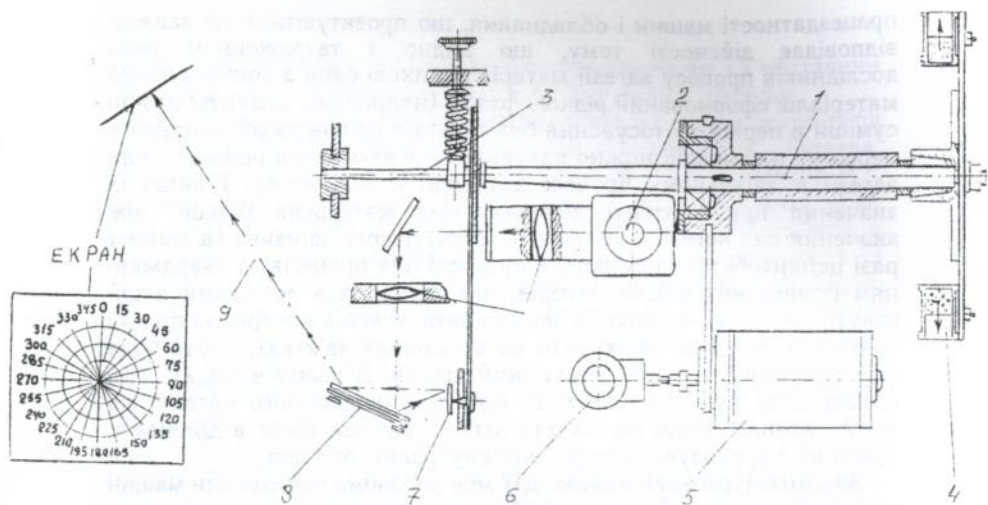
**Установка складається з робочого органу у вигляді горизонтального валу, який приводиться у обертовий рух клинореміною передачею від двигуна типу МУН з регулюванням частоти обертів.** (рис.1.)

На консольній частині валу закріплена траверса, до якої прикріплені моделі-ємкості. (Рис.2.)

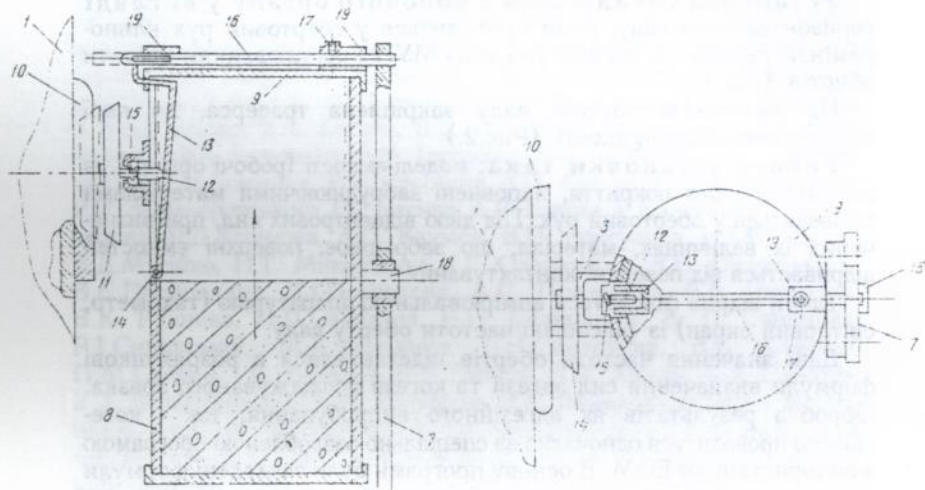
**Робота установки така:** моделі-ємкості (робочі органи), із покриттям і без покриття, наповнені забруднюючими матеріалами приводяться у обертовий рух. Під дією відцентрових сил, при визначених їх величинах, матеріал, що забруднює, поверхні ємкостей відривається від поверхні контактування.

Такий відрив фіксується вимірювальною апаратурою (тахометр, світловий екран) із фіксацією частоти оберту валу.

Дані значення частоти обертів підставлялися в розрахункові формули визначення сил адгезії та когезії досліджуваного зразка. Обробка результатів як адгезійного випробування, так і когезійного проводилася одночасно за спеціально розробленою програмою з використанням ЕОМ. В основу програми були закладені формули розрахунку дії відцентрових сил на досліджувану систему та методика математичної обробки і аналізу результатів експериментів прямих рівнорозгалужених результатів випробувань при довірчій можливості результатів рівній 0,95 при десяти випробувань для кожного конкретного кінцевого часу досліджу.



**Рис.1. Схематичне зображення установки:**  
 1 — вал; 2 — джерело освітлення; 3 — гнучкий вал; 4 —  
 ємкість; 5 — двигун; 6 — тахометр; 7 — поворотне  
 дзеркало; 8 — плоскі дзеркала; 9 — промінь освітлення.



**Рис. 2. Поворотний пристрій моделей-ємкостей.**  
 1 — установка; 7 — траверса; 8 — модель-ємкість; 9 —  
 кришка (дно); 10 — направляючі; 11 — колесо; 12 — шток;  
 13 — ричаг; 16 — фіксатор.

**Суть дослідів на установці** полягала в наступному: при поступовому збільшенні частоти обертання траверси, насадженої на вихідний вал установки, поступово збільшувалась відцентрова сила, що діяла на систему, яка досліджувалась: матеріал — поверхня контактування. При наставанні дисбалансу системи, зафіксованому на світловому екрані установки, визначалась частота обертів траверси, значення якої пізніше підставлялося в розрахункові формули сил, діючих на систему, за якими потім і виділялись значення сил адгезійної взаємодії між контактуючими матеріалами. При визначенні сил когезії суміші (забруднювача), поступово набирались оберти траверси, що приводило до руйнування досліджуваного зразка від ударів по кришці чи дно моделі-ємкості (після адгезійного відриву зразка від поверхні контактування вмикався поворотний пристрій моделі-ємкості).

Початок руйнування зразка фіксувався по стабілізації дисбалансу системи.

Для випробувань були використані цементобетоні суміші п'яти складів, зв'язуючим яких був портландцемент марки 400, наповнювачем — гравій фракції 5-10 мм та річковий пісок Мкр-2.1. При цьому змінювалось водоцементне співвідношення, що дозволило досягти значення осадки конуса 6 см (склад №1), 3 см (склад №2), 10 см (склад №3). Також готувались суміші з осадкою конуса 6 см, але з добавленням уповільнюючих час захвату цементу (склад №4) та прискорюючих цей час (склад №5).

З полімерних матеріалів були досліджені наступні матеріали промислового випуску, що широко використовуються в машинобудуванні та приладобудуванні: поліетилен низької міцності (високого тиску), марки 10103-002, ГОСТ16377-70 — (поліетилен); фторопласт-4, сорт 1, ГОСТ 10007-72- (фторопласт); полівінілхлорид М (масовий), марки ПВХ-М-70, ТУ 6-05-678-72, пластифікований 20 в. ч. до маси полімеру диоктилфталатом — (ПВХ); вироби з ПВХ: пластикат кабельний — Р-230; пластикат галантерейний — К-21-Н; спеціальний склад — ЛР-73 (А.С. 485126); “жорсткі” полімерні матеріали — вінілпласт листовий, марки ВД, ГОСТ 9633-71 — (ВД) та полістирол ударостійкий, марки УПМ, ТУ/6-05-1604-72 — (УПМ). Також були використані ряд іноземних полімерних матеріалів на основі полівінілхлориду, поліетилену та епоксидної смоли Е-20, а для порівнювальних даних — сталь конструційна Ст3 ПС, ГОСТ 508-73 (Ст3) і також сталі з параметром нерівності контактуючої поверхні не менше 20 мкм по ГОСТ 2789-73 — (Ст3 полірована). Також сталь, поверхня якої оброблювалась нафтопродуктами (соляровим маслом та гудроном).

Дослідами встановлено, що сили міцності адгезії до сталеві робочій поверхні з часом зростає і через 96 годин твердіння бетону досягають величин в межах  $90...105 \times 10^4$  Па. Більшого значення вони мають для більш пластичних бетонних сумішей. (Склад №3). (Рис.3).

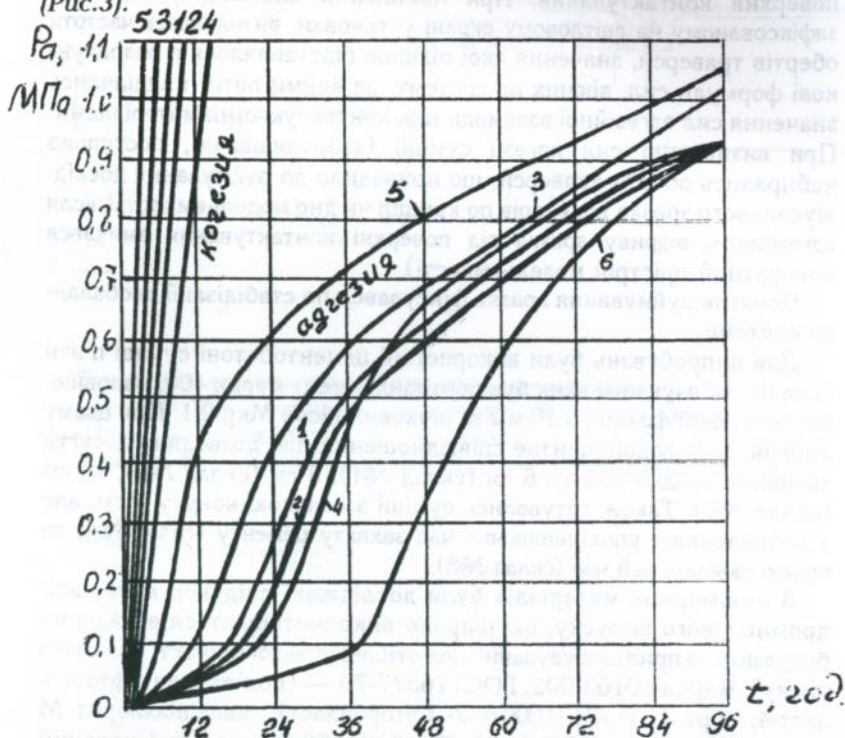


Рис. 3. Міцність дії налипання забруднювача до робочій сталевій поверхні, відповідно: 1; 2; 3 4 — складами №1; №2; №3; та №5, №6—СТЗ полірована.

Співвідношення сил адгезії і когезії мають таку ж тенденцію і залежать тільки від пар контактування. (Таблиця 1.).

**Таблиця 1. Значення міцностей когезії та адгезії сумішей для різних захисних покриттів та годин контакту,  $\times 10^4$ , Па**

Матеріали контактування	2	3	4	5	8	12	24	48	72	96	Ба-жаний час початку засто-суван-ня сили, год
Ст3 склад №1	0,23 1,92	0,84 3,10	3,41 3,82	9,54 2,50	92,94 1,70	167,44 0,90	277,42 0,52	462,03 0,44	631,57 0,26	791,57 0,27	4,30
Ст3 склад №2	0,20 1,71	0,72 2,40	3,02 3,36	8,51 2,30	90,62 2,62	163,33 0,84	266,14 0,48	461,57 0,40	639,12 0,26	801,03 0,26	4,25
Ст3 склад №3	0,30 1,96	1,42 4,60	4,15 4,55	12,51 3,80	124,62 2,90	183,33 1,76	296,14 0,84	471,57 0,46	649,12 0,26	811,03 0,26	4,33
Поліетелен склад №1	0,23 0,21	0,84 0,14	3,41 0,12	9,54 0,12	92,94 0,10	167,44 0,11	277,42 0,08	462,03 0,06	631,57 0,06	791,57 0,06	0,85
Поліетелен склад №2	0,20 0,18	0,72 0,15	3,02 0,13	8,51 0,12	90,62 0,11	163,33 0,10	266,14 0,08	461,57 0,06	639,12 0,06	801,03 0,06	0,85
Поліетелен склад №3	0,30 0,28	1,42 0,30	4,15 0,21	12,51 0,15	124,62 0,14	183,33 0,14	296,14 0,11	471,57 0,09	549,12 0,07	811,03 0,07	0,85
ВД склад №1	0,23 0,47	0,84 0,98	3,41 3,32	9,54 0,30	92,94 0,20	167,44 0,21	277,42 0,18	462,03 0,17	631,57 0,17	791,57 0,16	3,11
ВД склад №2	0,20 0,41	0,72 0,82	3,02 0,31	8,51 0,28	90,62 0,19	163,33 0,19	266,14 0,17	461,57 0,17	639,12 0,16	801,03 0,16	3,10
ВД склад №3	0,30 0,54	1,42 1,56	4,15 0,56	12,51 0,48	124,02 0,31	183,33 0,26	296,14 0,21	471,57 0,18	649,12 0,17	811,03 0,17	3,12
УПМ склад №1	0,23 0,36	0,84 0,91	3,41 0,28	9,54 0,25	92,94 0,20	167,44 0,18	277,42 0,18	462,03 0,17	631,57 0,16	791,57 0,16	3,07
УПМ склад №2	0,20 0,31	0,72 0,80	3,02 0,25	8,51 0,23	90,62 0,20	163,33 0,17	266,14 0,17	461,57 0,16	639,12 0,16	801,03 0,16	3,05
УПМ склад №3	0,30 0,45	1,42 1,51	4,15 0,41	12,51 0,42	124,62 0,36	183,33 0,21	296,14 0,20	471,57 0,19	649,12 0,17	811,03 0,17	3,09
ПВХ склад №1	0,23 0,29	0,84 0,80	3,41 0,30	9,54 0,29	92,540 0,20	167,44 0,15	277,42 0,09	462,03 0,07	631,57 0,07	791,57 0,07	2,90
ПВХ склад №2	0,20 0,27	0,72 0,66	3,02 0,26	8,51 0,25	90,62 0,19	163,33 0,13	266,14 0,07	461,57 0,07	639,12 0,07	801,03 м	2,90
ПВХ склад №3	0,30 0,38	1,42 1,37	4,15 0,33	12,51 0,30	124,62 0,25	183,33 0,20	296,14 0,18	471,57 0,09	649,12 0,07	811,03 0,07	2,90

Примітка: 1. Зверху - кількісні значення міцності когезії бетонних сумішей, виділені неруйнуючим методом контролю міцності.

2. Знизу — кількісні значення міцності адгезії сумішей після механічних дій на адгезійні зв'язки з послідуочим набиранням міцності зразком.

Міцність адгезії при взаємодії матеріалів для покриття робочих поверхонь машин з сумішами за значеннями менші для полімерних покриттів, ніж до сталевих поверхонь на всьому проміжку вибра-

ного часу контакту. Причому ці значення для поліетилену і фторопласту значно нижчі, ніж при тих же умовах для інших досліджувальних полімерних покриттів, особливо в перші часи контакту з свіжеприготовленими сумішами (перша стадія проходження процесу структуроутворення цементобетону). (Рис.4).

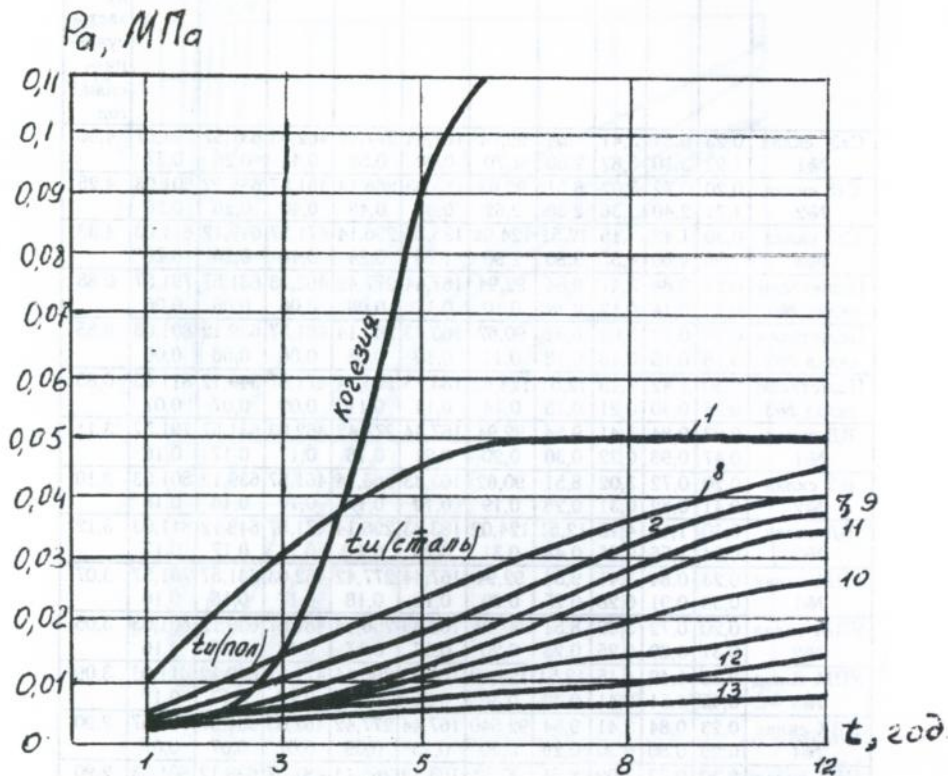


Рис. 4. Міцність адгезії до робочої поверхні з полімерним покриттям:

1 — СТ-3; 2 — ВД; 7 — УПМ; 8 — ЛР-73; 9 — ПВХ; 10 — Р-230; 11 — К-21Н; 12 — Поліетилен 10103-002; 13 — Фторопласт ЧС-1.

На рис.5. приведені результати досліджень дії адгезії між покриттями робочих поверхонь машин і сумішей при декількох циклах забруднення поверхні. В процесі таких досліджень покриття із одного і того ж матеріалу закріплювали до робочих поверхонь машин (моделей-ємкостей) різними способами - склеювали клеями

на основі епоксидних смол (кріплення Е) та на основі сірки (С), закріплювали по контуру кріплення обичайкою (О).

Аналіз досліджень показав, що криві групуються в трьох ясно виражених зонах. В першій зоні зосереджені криві 1...6., що характеризується адгезією неочищених сталевих поверхонь з сумішами — найбільше значення сил адгезії. В цій зоні спостерігається значне зростання міцності адгезійного зв'язку в міру збільшення числа циклів контакту. При цьому кількість суміші, що залишилась на робочій поверхні, збільшується та після п'ятого циклу загрузки добруднюючого матеріалу, поверхня робочого органу повністю покривається тонким шаром суміші. Профілактичні покриття поверхонь нафтопродуктами при першому ж циклі таких досліджень руйнувались і в наступних циклах суміш вже контактувала з чистою сталеву поверхнею робочого органу машини (поверхнею моделі-ємкості).

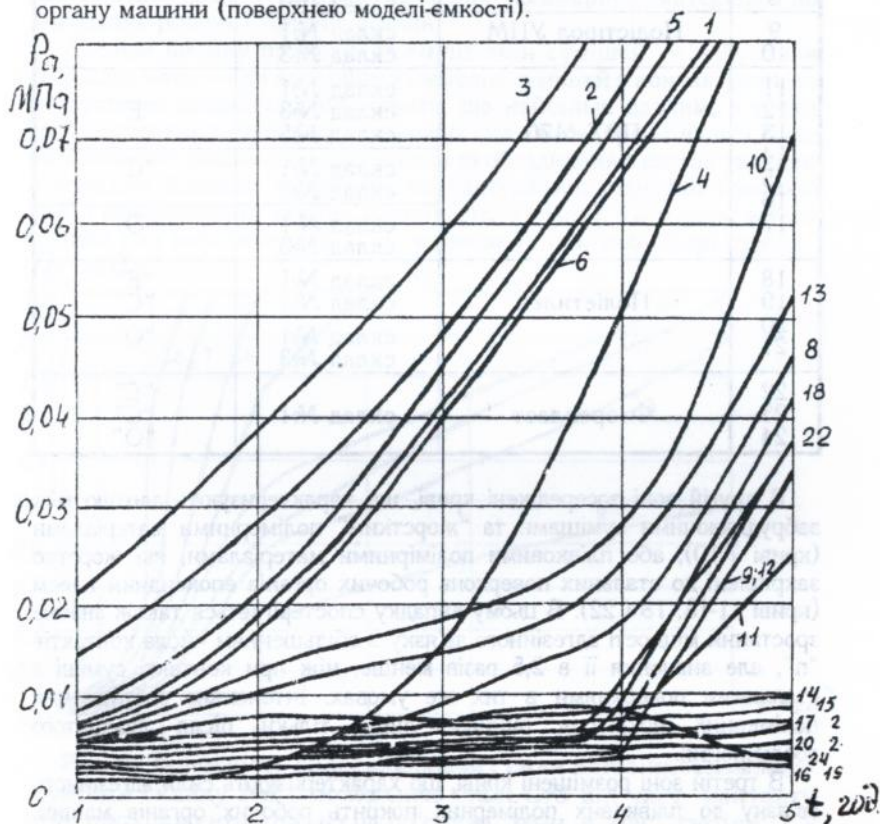


Рис. 5. Залежність дії адгезійного зв'язку від числа циклів загрузки для різних пар контактування (див. таблицю №2).

**Таблиця 2. Контактуючі пари, досліджувані з покриттями робочих органів різними способами кріплення**

№ рис.	Пара контактів		Спосіб кріплення
1 2 3	СТ 3	склад №1	
		склад №2	
		склад №3	
4 5 6	Ст3 полірована Ст3 змащена соляром Ст3 змащена гудроном	склад №1	
7 8		склад №1 склад №3	
9 10		склад №1 склад №3	
11 12 13 14 15 16 17	ПВХ-М70	склад №1 склад №3 склад №5	“Е”
		склад №1 склад №3	“С”
		склад №1 склад №3	“О”
18 19 20 21	Поліетилен	склад №1 склад №1	“Е” “С”
		склад №1 склад №3	“О”
22 23 24		Фторопласт	склад №1

В другій зоні зосереджені криві, що характеризують адгезію між забруднюючими сумішами та “жорстким” полімерними матеріалами (криві 7-10), або плівковими полімерними матеріалами, які жорстко закріплені до сталених поверхонь робочих органів епоксидним клеєм (криві 11-13, 18 і 22). В цьому випадку спостерігається також значне зростання міцності адгезійного зв'язку з збільшенням числа контактів “n”, але значення її в 2,5 разів менше, ніж при контакті суміші з сталеними поверхнями в тих же умовах. Інтенсивне забруднення полімерних покриттів виникає лише тільки після двадцятого дослідження.

В третій зоні розміщені криві, що характеризують сили адгезійного зв'язку до плівкових полімерних покриттів робочих органів машин. Плівкові покриття кріпились до поверхонь робочих органів клеєм на основі сірки, який тривалий час залишався рухомим під плівкою (криві 14, 15, 19 і 23), та обичайною по контуру кріплення покриття, що

забезпечувало "вільний" контакт поверхні плівкового полімерного матеріалу з контактуючою сумішшю (16, 17, 20 і 24). Дана зона характерна стабільністю результатів випробувань і малою забруднюваністю самих поверхонь. Зростання міцності адгезійного зв'язку в якій-небудь точці контакту при наступних випробуваннях приводить до самоочищення поверхонь в цьому місці і тому приросту міцності адгезивного зв'язку не спостерігається.

При першому і другому завантаженні (циклів випробувань) сумішей в моделі-ємкості на неочищені робочі поверхні плівкових полімерних матеріалів міцності адгезійного зв'язку в другій і третій зонах майже рівні, але при подальшому завантаженню-міцності адгезійного зв'язку в другій зоні інтенсивно ростуть, а в третій зоні залишаються на тому ж рівні, хоч дослідні матеріали ідентичні. Це пояснюється властивостями зчеплення полімерних матеріалів до поверхонь робочих органів машин.

Досліди впливу процесів об'ємних змін сумішей — набухання та усадка маси — на адгезійну взаємодію сумішей з контактуючими поверхнями дозволило встановити, що найбільш вдалим, з точки зору досягнення мінімальних значень сил адгезії при контакті, буде виготовлення робочих органів машин та обладнання з расташуванням в просторі бокових поверхонь контактування, відносно поверхні дна, з мінімальними кутами нахилу, рис.6 і рис.7. Цим досягається гасіння сил розклинювання, що виникають при набуханні суміші.

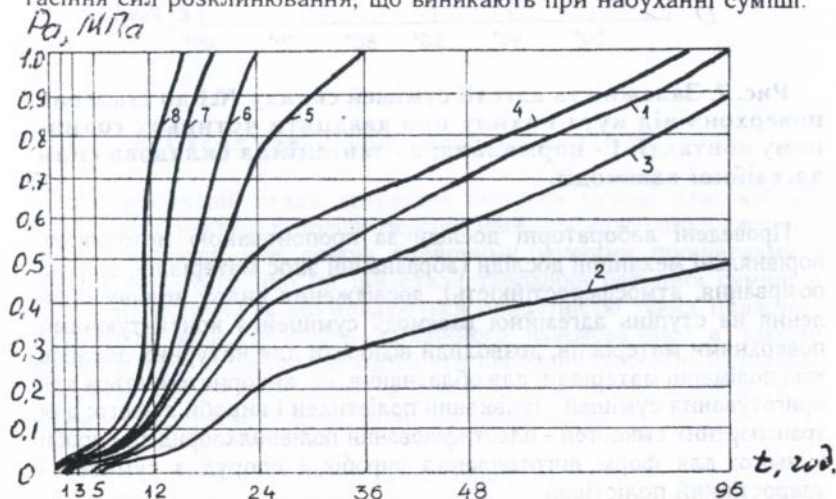
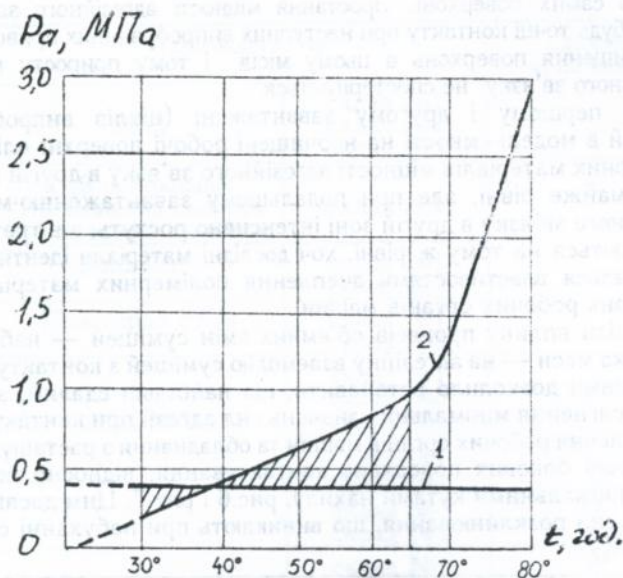


Рис. 6. Залежність сил, складаючих сили адгезійної взаємодії сумішей складу №1 с поверхнею сталі Ст3 від часу контакту при проходженні процесів об'ємних змін в масі суміші: 1 - адгезія до дна ємкості і нормальна складаюча адгезії до бокової поверхні; 2,3;4;5;6;7;8 - тангенціальна складова адгезії для кутів нахилу = 30°; 40°; 50°; 60°; 65°; 70° і 80°.



**Рис. 7. Залежність адгезії сумішей складу №1 до сталевих поверхонь від кута нахилу при двадцяти чотирьох годинному контакті: 1 - нормальна; 2 - тангенціальна складова сили адгезійної взаємодії.**

Проведені лабораторні дослідження за запропонованою методикою, порівняльні механічні дослідження (абразивний знос матеріалів, опір на розривання, атмосферостійкість), дослідження вияву впливу кріплення на ступінь адгезійної взаємодії сумішей з контактними поверхнями матеріалів, дозволили відібрати для натурних дослідів такі полімерні матеріали: для обладнання, що використовується для приготування сумішей - плівковий поліетилен і вироби з нього; для транспортних ємкостей - пластифікований полівінілхлорид та вироби з нього; для форм виготовлення виробів і споруд з сумішей - ударостійкий поліестірол.

При теоретичному обґрунтуванні вибору матеріалу і типу покриття поверхні робочого органу будівельних машин виходили із співвідношення між силами адгезії і когезії забруднювача, щоб прогнозувати його сповзання з поверхні робочого органу і попередження розриву забруднювача по когезійних зв'язках, коли буде мати місце типовий когезійний відрив.

Це співвідношення оцінюється коефіцієнтом:

$$K(t) = \frac{A(t)}{R(t)}, \quad (1)$$

де:  $A(t)$  і  $R(t)$  - відповідно питомі сили адгезії і когезії забруднювача на конкретному інтервалі часу контакту.

Для всього інтервалу часу контакту  $K(t) < 1$ .

Прогнозування може виконуватись, користуючись приведеними графіками, або таблицями даних.

Стосовно дії цементобетону, як забруднювача робочих поверхонь будівельних машин, слід виходити із теорії структуроутворення цементобетону. (рис. 8).

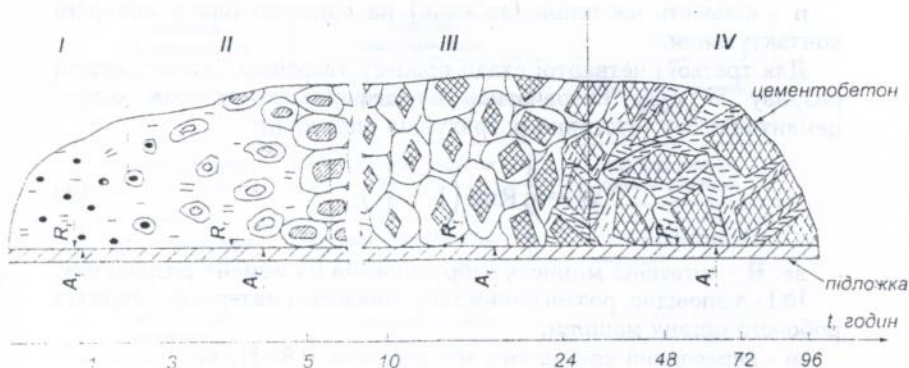


Рис. 8. Схема структуроутворення цементобетону.

На початковій стадії твердіння бетонної суміші створюється дисперсна структура із полідисперсних частинок вихідного в'язучого, які з'єднуються між собою полярними водними прошарками і можна допустити, що на цій стадії твердіння бетонної суміші її одгезійна активність обумовлюється присутністю таких полярних прошарків води. Міцність адгезійного взаємозв'язку в такому випадку буде в основному залежати від стану поверхні матеріалу покриття. Звідси вибір матеріалу покриття можливо проводити за оцінкою змочуємості поверхонь по залежності:

$$W = G_n (1 + \cos \psi), \quad (2)$$

де:  $W$  - енергія розриву адгезійних зв'язків води з поверхнею матеріалу покриття;  $\psi$  - крайовий кут змочуємості поверхні матеріалу покриття;

$G_n$  — поверхове напруження води на кордоні з повітрям.

Для періоду транспортування цементобетонних сумішей (друга стадія твердіння) міцність взаємозв'язку при контакті залежить як від питомої сили міцності адгезії адгезива в цей період до поверхні матеріалу покриття, так і від площі контакту і кількості зв'язків на даній площі, тобто:

$$P = P_g \times n, \quad (3)$$

де: **P** - міцність адгезії шару адгезива (цементобетону) до поверхні підложки (матеріалу покриття);

**P<sub>g</sub>** - міцність адгезії між частинкою адгезиву і поверхнею підложки;

**n** - кількість частинок (зв'язків) на одиницю площі поверхні контактування.

Для третьої і четвертої стадії процесу твердіння бетону енергія розриву **W** буде витрачатись на деформацію зв'язків когезії цементобетону (стосовно розрахунків опалубки):

$$W = \frac{1}{2} R_{ml} \left( 1 + \frac{l_0}{l} \right), \quad (4)$$

де: **R** - когезійна міцність забруднювача на момент розрахунку;

**l<sub>0</sub>, l** - відповідно, розтягнення забруднювача і матеріалу покриття робочого органу машини;

**m** - переводний коефіцієнт, що дорівнює 0.98 Н/кг.

Аналіз експериментальних даних і теоретичні розрахунки дозволили здійснити вибір матеріалів для покриття поверхонь робочих органів будівельних машин, що контактують з цементобетонами, виходячи з навантажень, які діють в процесі роботи цих машин.

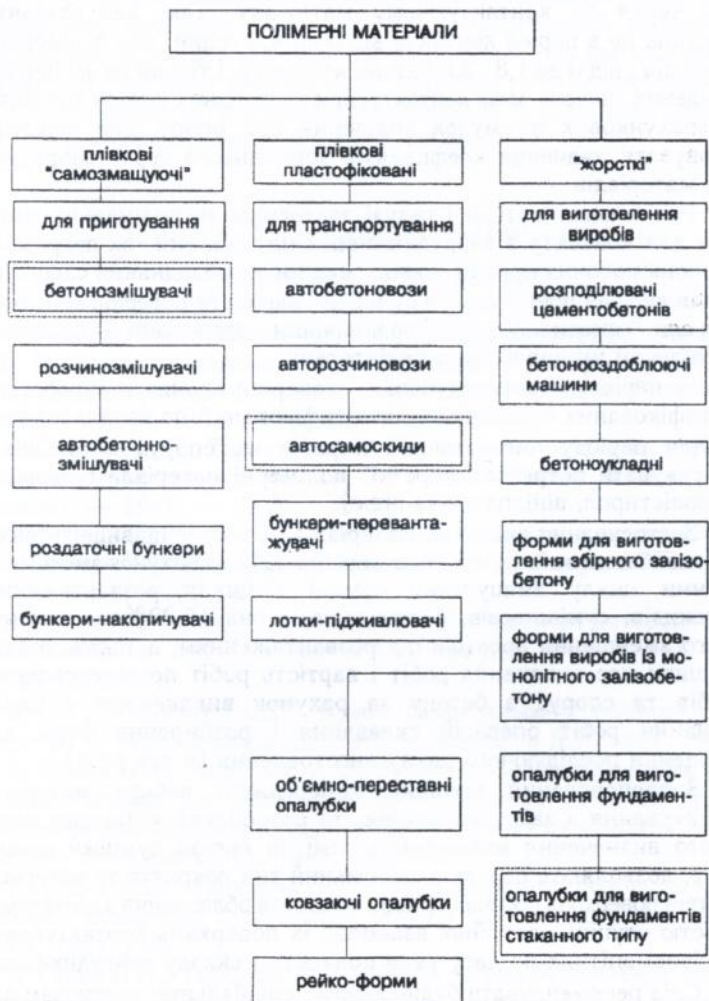
Так, для періоду приготування сумішей - фторопласт та поліетелен (відповідно, атоми фтора у першого вуглецю у другого матеріалу створюють неполярні з'єднання в масі матеріалу і самі являються малоактивними елементами в зв'язаному стані). Для періоду транспортування сумішей до місця виконання робіт — плівковий пластифікований полівінілхлорид, а для контакту з бетонами в період виготовлення з них виробів - сталь і "жорсткі" полімерні матеріали типу вініпласт чи полістирол.

Натурні випробування таких матеріалів були проведені в експлуатаційних умовах роботи будівельних машин.

Об'єктами натурних досліджень були вибрані: бетонозамішувальна установка СБ-27, самоскид ЗЛІ-585, форма для виготовлення фундаменту під колони стаканного типу. Покриття їх поверхонь робочих органів полімерними матеріалами дозволило значно підвищити їх працездатність: бетонозамішувальної установки СБ-27 — на 20%;

самоскида ЗІЛ-585 — 22%; витрати по вартості виготовлення фундаментів стаканного типу скоротити в 2 рази.

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень отримані нові наукові і практичні результати, що дозволили значно розширити області застосування полімерних матеріалів для покриття поверхонь робочих органів машин від забруднення. (Рис.9).



**Рис. 9.** Области застосування полімерних матеріалів як покриттів робочих органів машин та обладнання.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. При проектуванні робочих органів машин, контактуючих з забруднюючими матеріалами, при розрахунку сил опору, діючих на робочі органи, необхідно враховувати значення коефіцієнта внутрішнього тертя матеріалів, а не значення коефіцієнта зовнішнього тертя по контактуючому матеріалу. Так, для сталевих поверхонь це в період контакту від 0 до 4,3 годин; для полімерних матеріалів - від 0 до 1,8 - 3,5 години контакту. І тільки по закінченні приведених значень часів контакту, при відповідних умовах контакту, в розрахункових формулах виділення сил опору вже можливо враховувати значення коефіцієнтів зовнішнього тертя забруднюючих матеріалів.

2. Раціональні методи і галузі застосування полімерних матеріалів для контакту з забруднюючими матеріалами як покривачів поверхонь робочих органів діючих машин та обладнання слідуюче:

- для періоду приготування сумішей - вкривати поверхні контактування слід "самозмашуючими" полімерними матеріалами — плівковим поліетиленом чи виробами з поліетелену;

- для періоду транспортування - поверхні вкривати виробами з пластифікованих полімерів — пластифікований полівінілхлорид;

- для періоду виготовлення виробів чи споруд з сумішей - застосовувати потрібно "жорсткі" полімерні матеріали (удароміцний полістирол, вінілпласт та інше).

3. Застосування вказаних матеріалів дозволяє підвищити вихід продукції бетонозмішувачів установок на 20% за рахунок зменшення довжини циклу змішування суміші і циклу розвантаження. Самоскидів, сумішівозів, бетоновозів — на 16-22% за рахунок різкого зменшення простоїв під розвантаженням, а також значно зменшити час виконання робіт і вартість робіт по виготовленню виробів та споруд з бетону за рахунок виключення з циклу виконання робіт операцій складання і розбирання форм для проведення послідовного циклу виготовлення (в два рази).

4. Запропонований принцип попереднього вибору матеріалу контактування з забруднювачами, та розроблена установка одночасного визначення міцностей адгезії та когезії сумішей одного замісу, дозволяють обрати раціональний тип покриття та матеріали покриття поверхонь робочих органів машин та обладнання з достатньою точністю ступінь адгезійної взаємодії їх поверхонь контактування при різноманітних по часу умов контакту і складу забруднювача.

5. Слід рекомендувати будівельним і спеціальним установам для підвищення ефективності використання діючого транспорту обкладати їх робочі поверхні (кузови автосамоскидів, сумішевозів, бетоновозів, бетонозмішувачів машин, роздаткових бункерів, бункерів-перевантажувачів та інші) полімерними плівками, застосовуючи

спосіб кріплення по контуру емкостей обичайкою, а для лопастей і шнеків бетонозмішувачів, бетонообробних машин, бетоноукладачів і т.под. — шляхом приварювання плівки до поверхні робочого органу, згідно з запропонованим способом.

6. Фактичний економічний ефект при застосуванні полімерних матеріалів та результатів досліджень у виробничих умовах за участю автора у впровадженні склав 141,74 тис. грн.

7. У розвиток виконаних досліджень запропоновано новий склад полімерного матеріалу (А.С. 485126), антиадгезійний пристрій із полімерного матеріалу для транспортного засобу, що дає можливість підвищити його ефективність. (А.С. 1316869) та установка одночасного визначення сил взаємодії забруднювачів та поверхонь робочих органів машин та обладнання (А.С. 1203432).

## Основні положення дисертації опубліковані в працях:

1. Головач И.П., Таркуцяк А.А., Васильченко Л.В., Зеркалов В.Д. Применение полимерных материалов для покрытий рабочих органов землеройных и транспортных машин: информ. Лист № 31 - 0466. — Киев, 1981. — Надзаг. УкрНИИКИТИ.

2. Головач И.П., Таркуцяк А.А. Полимерные покрытия рабочих органов строительных машин // Строительные и дорожные машины. — 1987. — № 2. — С. 18 - 19.

3. А.С. 485126 СССР. Поливинилхлоридная композиция / А.С.Нижник, В.Л.Денисяко, Т.Ф.Приходько и А.А.Таркуцяк (СССР). — Оpubл. в Б.И. 1976, №35.

4. А.С. 1203432 СССР. Установка для испытания материалов на прилипаемость. / И.П.Головач и А.А.Таркуцяк (СССР). — Оpubл. в Б.И. 1986, №1.

5. А.С. 1316869 СССР. Кузов самосвального транспортного средства. / А.А.Таркуцяк (СССР). — Оpubл. в Б.И. 1987, №22.

6. Сівко В.Й., Таркуцяк А.О. Захист робочих поверхонь будівельних машин від налипання забруднюючих речовин. В кн.: Механическая обработка диспертных (сипучих) материалов и сред. Частина 4. Одеса: ОМА, 1997, с.59 - 65.

7. Сівко В.Й., Таркуцяк А.О. Фізико-технічні основи захисту робочих поверхонь будівельних машин від забруднення. Одеса: ОМА, 1997, с.66 - 72.

8. Сівко В.Й., Таркуцяк А.О. Робочі органи будівельних машин та обладнання з покриттями від забруднення. В кн.: Proceedings sixth international conference "New leading - edge technologicis in mashine building". Volyme G/ Rubachic, Ukraine. 1997, с. 82 - 88.

9. Сівко В.Й., Таркуцяк А.О. Основи захисту поверхонь від налипання забруднюючих речовин. В кн.: Proceedings sixth international conference "New leading - edge technologicis in mashine building". Volyme G/ Rubachic, Ukraine. 1997, с. 91.

## АННОТАЦІЯ

**А.А.Таркуцяк. Физико-технические основы защиты рабочих поверхностей строительных машин от загрязнения.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05. 05. 02. — машины для производства строительных материалов и конструкций. Полтавский университет им. Ю.Кондратюка, Полтава. 1997.

Защищаются результаты теоретических и экспериментальных исследований сил взаимодействия загрязняющих материалов с защитными покрытиями рабочих органов машин. Определена область применения пленочных покрытий для защиты рабочей поверхности машин, получены данные их износа при различных режимах работы машин, приведены данные по внедрению предложенных конструкций в производство.

## SUMMARY

**A.A.Tarkutcyak. Phisico-technical basis of protecting working surfaces from soiling.**

The thesis for gaining the degree of the Bachelor of Technical Sciences for the speciality 05. 05. 02 - the machines for the production of building materials and structures.

The Poltava Technical University named after Y.Kondratuk. Poltava. 1997.

The subject of thesis defendence is the results of theoretical and experimental research of forces of interaction of soiling materials with defending cover of working bodies of machines.

Tere has been defined the area of attraction of film covers for machines working bodies protection. The data of their wear under different regimes of work of the machines have been reseived. The auzor supply suggestions about the application of the proposed structures the production.

## Ключові слова

Сили адгезії і когезії, захисні покриття, забруднення поверхні, полімери, цементобетонна суміш.

Відповідальний за випуск Сідоркіна Т.М.  
Підписано до друку 24.10.97 р. Умов. друк. арк. 1.  
Замовлення №148. Тираж 120.

Надруковано в Українсько-фінському інституті  
менеджменту і бізнесу  
252115, Київ вул. Депутатська, 15/17



433978

AB 38.760