

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКОРАТИВНО-ЗАХИСНИХ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ**

**Ластівка О.В.**, к.т.н. доцент,  
oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

**Гоц В.В.**, к.т.н.,  
ORCID: 0000-0001-7702-1609

**Томін О.О.**, аспірант,  
alexkr94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

**Ковальчук О.Г.**,  
ORCID: 0000-0002-2830-9528

*ТОВ «Лаковер»*

**Анотація.** Номенклатура матеріалів, які використовуються в будівництві різноманітна за складом, структурою, хімічними, фізичними, механічними властивостями і призначенням. В промисловому будівництві найбільшого поширення набули бетонні та металеві вироби і конструкції. Для забезпечення довговічності будівельних металевих виробів висуваються вимоги щодо забезпечення їх стійкості до навколишнього середовища, при відповідному зменшенні собівартості матеріалу шляхом нанесення на їх основу декоративно-захисного покриття. Саме тут на перший план починають виходити порошкові покриття витісняючи покриття на основі рідких розчинників.

**Ключові слова:** металеві вироби, рідкі фарби, порошкове покриття, міцність, адгезія, корозійна стійкість.

**Вступ.** Однією з важливих галузей господарства є капітальне будівництво, ефективність якого значною мірою пов'язана з використанням нових будівельних матеріалів і конструкцій. Номенклатура матеріалів, які використовуються в будівництві різноманітна за складом, структурою, хімічними, фізичними і механічними властивостями і призначенням. В промисловому будівництві найбільшого поширення набули бетонні та металеві вироби і конструкції.

Метали дякуючи своїм цінним властивостям – високій міцності, пластичності, зносостійкості, тепло- і електропровідності, хорошій здатності до обробки методами литва і ряду інших цінних якостей – є в даний час практично найбільш важливим конструкційним будівельним матеріалом [1]. Проте виготовлені будівельні металеві вироби та конструкції не вічні: це пов'язано не тільки з їх «моральним зношенням», але і прямим руйнуванням конструкційних матеріалів з плином часу, що спричинено їх корозією.

Проблема боротьби з корозією останнім часом набуває все більшого значення. Це обумовлено наступними причинами: зростанням економічних втрат від корозії, які сумірні з капітальними вкладенням в окремі галузі економіки, зменшенням довговічності і надійності будівельних конструкцій і виробів [2].

Вибір виду захисту від корозії являє собою комплексну задачу з урахуванням техніко-економічних і експлуатаційних показників. В даний час основним способом захисту від атмосферної корозії є нанесення на поверхню захисних покриттів: лакофарбових на органічній основі; металевих (покриття цинком, алюмінієм, кадмієм); комбінованих (металізаційно-лакофарбові); спеціальні способи захисту (електрохімічний, протекторний, катодний і анодний) [3].

На практиці найбільшого поширення набули антикорозійні будівельні роботи з використанням лакофарбових покриттів на органічній основі завдяки відносно низькій вартості матеріалів, їх доступності [4]. Основними вимогами до покриття є: хороша адгезія,

непроникність для агресивних середовищ, довговічність, технологічність проведення повторного фарбування, економічність з урахуванням терміну експлуатації. Звичайні лакофарбові покриття на органічній основі, незважаючи на їх велику різноманітність і порівняно невелику вартість, мають істотний недолік – короткі терміни служби, що вимагає частого відновлення покриття будівельних матеріалів, що в свою чергу веде до більших витрат коштів через короткий міжремонтний термін.

Проте у 80-х роках минулого століття з'явився новий вид лакофарбових покриттів – порошкові. Плівкоутворювачами в них служать тверді полімери та олігомери, а своєрідним розріджуючим агентом – повітря [5]. Незважаючи на те, що порошки за фізичним станом відносяться до твердих тіл, є ряд ознак, які зближують їх з рідинами: здатність переміщатися при роз'єднанні частинок за допомогою газового потоку, заряджатися подібно гідрозолей в електричному полі високої напруги. При використанні порошкових матеріалів, на відміну від традиційної технології покриттів, перехід твердих плівкоутворювачів в в'язкотекучий стан здійснюється не поза субстрату, а безпосередньо на ньому.

Технологія застосування декоративно-захисних покриттів на основі порошкових фарб (ПФ) має ряд переваг в порівнянні з фарбами на основі рідких систем: порошкові фарби постачаються на будівельні заводи вже в повністю готовому вигляді, вони не потребують підготовки, перемішування, розмішування та регулювання в'язкості. Отримання декоративно-захисного покриття на основі ПФ забезпечується як правило одношаровим нанесенням, в той час як рідкі фарби потребують нанесення декількох шарів, що збільшує час виробництва покриття. Легко забезпечується утилізація та рециклінг ПФ, тим самим збільшується економічність виробництва. Знижуються енерговитрати на виробництво покриттів у зв'язку з відсутністю розчинників (не потребується додаткове очисне та вентиляційне обладнання повітря, зменшення енергозатрат.) Надається можливість повної автоматизації виробництва, що дає змогу зменшити кількість робочого персоналу та виробничих площ, а також збільшити виробничі потужності [6].

За своїми експлуатаційними, декоративними, механічними та технологічними характеристиками порошкові покриття не поступаються рідким лакофарбовим матеріалам (ЛФМ) а в дечому навіть і переважають їх [7]. Разом з цим очевидно, що за останні пару десятиліть ПФ не тільки не вичерпали всі можливості вдосконалення рецептур і розширення асортименту, а й отримали нові відгалуження в модернізації технології їх виробництва та нанесення. При цьому, з точки зору економіки, технологічності, нормам екології, декоративно-захисним покриттям на основі ПФ майже нема альтернативи.

Фактором їх ефективності є і довговічність покриттів. Покриття з порошкових фарб в більшості випадків показують вищі захисні властивості і мають більший термін служби, ніж покриття з розчинів і дисперсій полімерів [8]. Це пояснюється тим, що порошкові фарби не містять посередників плівкоутворення (розчинників, води) і ПАР, а готуються переважно на термореактивних олігомерах і полімерах кристалічної структури з підвищеною хімічною стійкістю.

Тому подальші багаточисленні досліді, розробка нового обладнання та вдосконалення рецептур будуть сприяти швидким темпам розвитку технології виготовлення порошкового покриття та їх нанесення на будівельні металеві вироби, що призведе до зменшення економічних витрат та підвищення довговічності матеріалу.

**Метою роботи** є визначення ефективності використання декоративно-захисних порошкових покриттів для будівельних металевих виробів.

**Сировинні матеріали та методи досліджень.** *Обґрунтування вибору сировинних матеріалів для порошкових покриттів.* Рецептурний склад порошкового покриття складається з наступних складових: плівкоутворюючий компонент, наповнювач, пігмент, функціональні добавки.

В якості плівкоутворюючого компоненту використовуються термотвердіючі олігомери у вигляді епоксидних, поліуританових та насичених карбоксилмовісних поліефірних і гібридних смол з різною температурою склування полімерів, молекулярною масою та

наявністю функціональних груп. В даній роботі в якості плівкоутворюючого компоненту використано поліефірні смоли виробництва компанії «Alnex». Характеристика смол наведено в табл. 1.

Для поліефірних систем порошкового покриття є також необхідним використання структуроутворюючого затверджувача у вигляді тригліцерділізоціанурата (TGIC) або гідроксіалкідаміда (НАА). В даній роботі використано TGIC виробництва компанії «Huangshan» та НАА марки PrimidXL 552 виробництва компанії «EMS Chemicals».

Таблиця 1 – Характеристика плівкоутворюючого компоненту

Смола	Характеристика						
	Зовнішній вигляд	Затверджувач	Блиск 200/600, %	Вязкість по Брукфільду 200°C, мПа·с	Колір b-показник	Число кислотності (мг КОН/г)	Тем-ра склування °C
Crylcoat 2618-3	Непрозорі гранули	НАА	61	2800-3400	10	30-35	62
Crylcoat 2441-3Т	Непрозорі гранули	TGIC	67	4000-5200	15	30-35	58

Використання наповнювача сприяє підвищенню фізико-механічних характеристик порошкового покриття: розплив, ударостійкість, міцність на згин, блиск, хімічна стійкість, укривистість. При розробці рецептур в якості наповнювача використовували осаджений сульфат барію та діоксид титану виробництва компанії «Changsha Lianda».

При виробництві порошкових фарб на відміну від рідких відсутня операція кольорування, а також не контролюється ступінь дисперсності пігменту. При виробництві порошкових фарб можуть використовуватись як органічні, так і неорганічні пігменти. Але перевагу надають саме неорганічним, так як вони володіють необхідною термостійкістю при високих температурах затвердження. В даній роботі використано пігменти виробництва компанії «BASF».

Через відсутність рідких розчинників в складі ПФ, їх розплави мають досить високий поверхневий натяг, що може проявлятися на якості порошкового покриття. В основному використовується добавки реологічної дії та ті, які сприяють отриманню щільної структури (зменшення дегазації) покриття запобігаючи утворенню дефектів. В якості добавки реологічної дії використано агент Resiflow PV88 компанії Estronchemical в кількості 1 % від маси ПФ. В якості дегазатора використано бензоїн виробництва Estronchemical в кількості 0,6 % від маси ПФ.

*Методи досліджень.* Випробування ефективності застосування декоративно-захисних покриттів для будівельних металевих виробів проводились на сучасному обладнанні лабораторії заводу ТОВ «Лаковер».

Першим етапом було проведено дослідження міцності декоративно-захисних покриттів згідно ASTM D 2794 (визначення міцності лакофарбового покриття при випробуванні методом падаючого вантажу) який вказує, що мінімальна стійкість покриття до удару повинна становити  $\geq 10$  см/кг (см – значення висоти з якої падає вантаж, кг – маса вантажу). Вантаж являє собою металевий циліндр діаметром  $(20,0 \pm 0,3)$  мм і масою  $(1000 \pm 10)$  гр.

Другим етапом було проведено дослідження адгезії декоративно-захисних покриттів згідно ISO 2409 який вказує, що мінімальне значення адгезії покриття повинно відповідати класу 3.

Третім етапом було дослідження корозійної стійкості декоративно-захисних покриттів за допомогою випробування в камері сольового туману (конденсація водного розчину хлориду натрію на поверхні зразках при температурі 35 °C) згідно ASTM B-117.

**Результати досліджень.** Експериментальні партії поліефірної порошкової фарби 1G7035.06.09.0.A були виготовлені на технологічній лінії ТОВ «Лаковер». Склади

лакофарбових матеріалів наведено в таблиці 2.

Технологічний процес виробництва порошкової фарби на лінії ТОВ «Лаковер» складається з 5-ти операцій:

1. Дозування гранульованих плівкоутворюючих смол, порошкових наповнювачів, пігментів та функціональних добавок в порошок композицію.
2. Змішування віддозованої суміші в спеціальних міксерах роторного типу.
3. Гомогенізація суміші на спеціальних шнекових екструдерах при температурі 110-140 °С з подальшим її видавлюванням на спеціальні вали охолодження та прокату для утворення так званих чіпсів.
4. Помел чіпсів, отриманих з екструдера, на спеціальних млинах.
5. Фасування та пакування ПФ.

Таблиця 2 – Склади лакофарбових матеріалів

№ п/п	Склад лакофарбових матеріалів, %				
	Смола	Затверджувач	Наповнювач	Пігменти	Функціональні добавки
1	60 (Crylcoat 2618-3)	5 (НАА)	30	3	2
2	56 (Crylcoat 2441-3)	7 (TGIC)	32	3	2
3	Емаль Аквахім ЄПМ (для порівняння)				

*Міцність покриття при ударі.* Отримані результати свідчать про те, що при використанні поліефірної смоли Crylcoat 2618-3 із затверджувачем НАА (склад № 1), міцність порошкового покриття при ударі становить 55 см/кг, для порівняння міцність покриття при ударі на основі ЛФМ (склад № 3) становить 25 см/кг. Найбільш ефективним є використання поліефірної смоли Crylcoat 2441-3 із затверджувачем TGIC (склад № 2) – міцність порошкового покриття становить 70 см/кг.

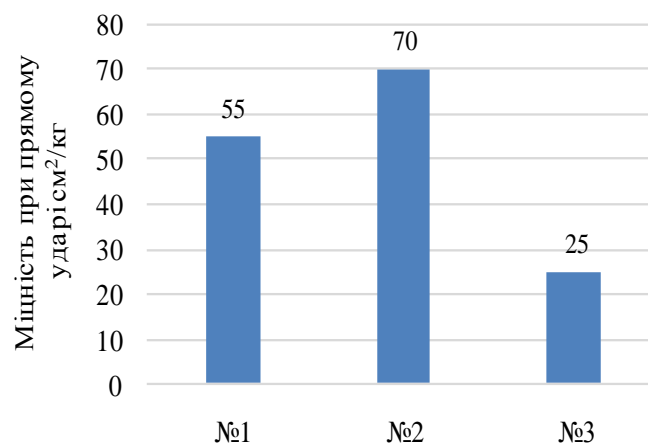


Рис. 1. Міцність покриття при ударі залежно від його складу

*Адгезія покриття.* Виявлено, що порошкові покриття характеризується однаковою адгезією порівняно з ЛФМ (рис. 2). Так, наприклад, при використанні покриття на основі смоли Crylcoat 2618-3 із затверджувачем НАА (склад № 1) адгезія відповідає значенню 0 згідно ISO 2409. При використанні покриття на основі ЛФМ (склад № 2) адгезія також відповідає значенню 0.

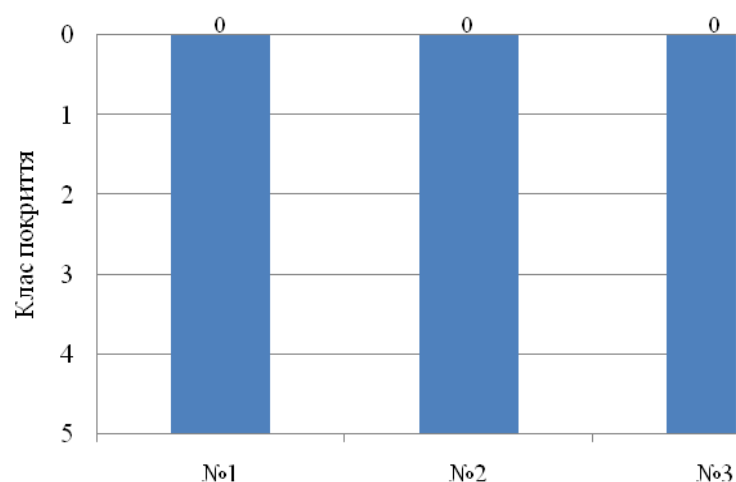


Рис. 2. Адгезія порошкового та лакофарбового покриттів

*Корозійна стійкість покриття в соляному тумані.* Виявлено, що порошкові покриття на основі поліефірних смол характеризуються вищою корозійною стійкістю порівняно із покриттями на основі лакофарбових матеріалів. Так, поверхня порошкового покриття (складу № 1, складу № 2) через 1000 годин випробування у камері соляного туману характеризується окремими малопомітними продуктами корозії (рис. 3, рис. 5). Проте, поверхня лакофарбового покриття (склад № 3) через 1000 годин характеризується напливами продуктів корозії по всій поверхні зразка (рис. 4).

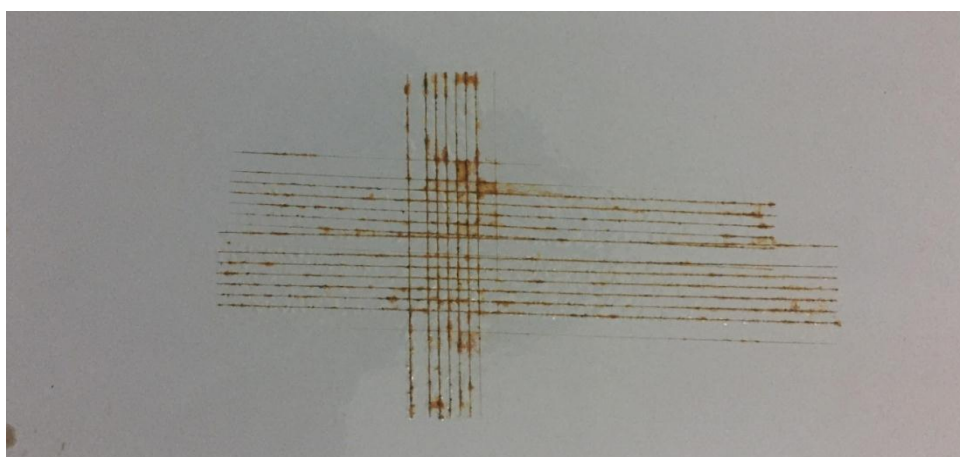


Рис. 3. Корозія порошкового покриття складу №1

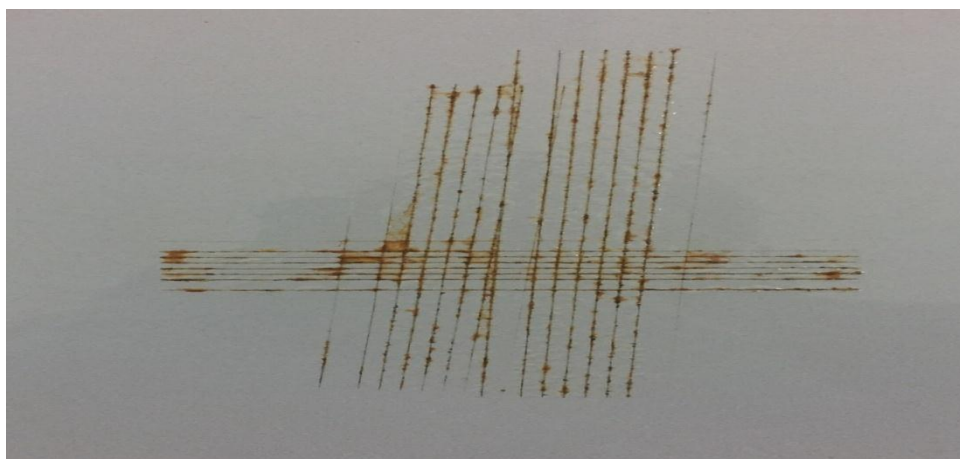


Рис. 4. Корозія порошкового покриття складу №2



Рис. 5. Корозія лакофарбового покриття складу №3

**Висновок.** За ключовими показниками якості декоративно-захисного покриття виявлено, що порошкові покриття на основі поліефірних смол мають наявні переваги в забезпеченні довговічності будівельних металевих виробів порівняно з лакофарбовими покриттями – вищі показники міцності при ударі та корозійної стійкості, що свідчить про високу ефективність використання декоративно-захисних порошкових покриттів в будівельних металевих виробках та, відповідно, перспективність їх подальшого дослідження.

### Література

1. Клименко Ф.Є. Металеві конструкції / Ф.Є. Клименко, В.М. Барабаш, Л.І. Стороженко // За ред. Ф.Є. Клименка: Підручник. – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с.
2. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. // Будівельне матеріалознавство: Підручник. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 455 с.
3. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов // Под ред. И.В. Семеновой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
4. Сви́дерский В.А. Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В.А. Сви́дерский, Т.А. Караваев. – Киев, 2010. – Вип. № 9. – С. 8 – 16.
5. Puig M. A. Adhesion Enhancement of Powder Coatings on Galvanised Steel by Addition of Organo-Modified Silica Particles / M. Puig, L. Cabedo, J.J. Gracenea, et al. // Progress in Organic Coatings, 77. – pp. 1309-1315, 2014.
6. Mirabedini S.M. The Effect of Micro and Nano-Sized Particles on Mechanical and Adhesion Properties of a Clear Polyester Powder Coating / S.M. Mirabedini, A.N. Kiamanesh // Progress in Organic Coatings, 76. – pp. 1625-1632, 2013.
7. Puig M. A. Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment. Assessment by Electrochemical Techniques / M. Puig, M.J. Gimeno, J.J. Gracenea, et al. // Progress in Organic Coatings, 77. – pp. 1993-1999, 2014.
8. Lafabrier A. Experimental Evidence of the Interface. Interphase Formation between Powder Coating and Composite Material / A. Lafabrier, A. Fahs, G. Louarn, et al. // Progress in Organic Coatings, 77. – pp. 1137-1144, 2014.

### References

1. Klimenko F.E., Barabash V.M., Storozhenko L.I. Metalevi konstruktsiyi. Lviv: SvIt, 2002.
2. Krivenko P.V., Pushkarova K.K., Baranovskiy V.B. ta In. Budivelne materialoznavstvo. TOV UVPK «EksOb», 2004.

3. Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. Korroziya i zaschita ot korrozi. FIZMATLIT, 2002.
4. Sviderskiy V.A. Karavaev T.A. Sostoyanie, struktura i perspektivyi razvitiya ryinka lakokrasochnoy produktsii v Ukraine, no 9, pp. 8-16, 2010.
5. Puig M., Cabedo L., Gracenea J.J., et al. Adhesion Enhancement of Powder Coatings on Galvanised Steel by Addition of Organo-Modified Silica Particles. Progress in Organic Coatings, 77, pp. 1309-1315, 2014.
6. Mirabedini S.M. and Kiamanesh A. The Effect of Micro and Nano-Sized Particles on Mechanical and Adhesion Properties of a Clear Polyester Powder Coating. Progress in Organic Coatings, 76, pp. 1625-1632, 2013.
7. Puig M., Gimeno M.J., Gracenea J.J., et al. Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment. Assessment by Electrochemical Techniques. Progress in Organic Coatings, 77, pp. 1993-1999, 2014.
8. Lafabrier A., Fahs A., Louarn G., et al. Experimental Evidence of the Interface/Interphase Formation between Powder Coating and Composite Material. Progress in Organic Coatings, 77, pp. 1137-1144, 2014.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

**Ластивка О.В.**, к.т.н. доцент,

oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

**Гоц В.В.**, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-7702-1609

**Томин О.О.**, аспирант,

alexkp94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

**Ковальчук О. Г.**

ORCID: 0000-0002-2830-9528

*ООО «Лаковер»*

**Аннотация.** Номенклатура материалов, используемых в строительстве разнообразна по составу, структуре, химическим, физическим, механическим свойствам и назначениям. В промышленном строительстве крупное распространение получили бетонные и металлические изделия и конструкции. Для обеспечения долговечности строительных металлических изделий предъявляются требования по обеспечению их устойчивости к окружающей среде, при соответствующем уменьшении себестоимости материала путем нанесения на их основания декоративно-защитного покрытия. Именно здесь на первый план начинают выходить порошковые покрытия, вытесняя покрытия на основе жидких растворителей.

Технология применения декоративно-защитных покрытий на основе порошковых красок имеет ряд преимуществ по сравнению с красками на основе жидких систем: порошковые краски поставляются на строительные заводы уже в полностью готовом виде, они не нуждаются в подготовке, перемешивании, размешивании и регулировании вязкости. Получение декоративно-защитного покрытия на основе порошковых красок обеспечивается, как правило, однослойным нанесением, в то время как жидкие краски требуют нанесения нескольких слоев, увеличивая время производства покрытия. Легко обеспечивается утилизация и рециклинг порошковых красок, тем самым увеличивается экономичность производства. Снижаются энергозатраты на производство покрытий в связи с отсутствием растворителей. Предоставляется возможность полной автоматизации производства, что позволяет уменьшить количество рабочего персонала и производственных площадей, а также увеличить производственные мощности.



По ключевым показателям качества декоративно-защитного покрытия обнаружено, что порошковые покрытия на основе полиэфирных смол имеют имеющиеся преимущества в обеспечении долговечности строительных металлических изделий по сравнению с лакокрасочными покрытиями – высокие показатели прочности при ударе и коррозионной стойкости, что свидетельствует о высокой эффективности использования декоративно-защитных порошковых покрытий в металлических изделиях и, соответственно, перспективность их дальнейшего исследования.

**Ключевые слова:** металлические изделия, жидкие краски, порошковое покрытие, прочность, адгезия, коррозионная стойкость.

## EFFICIENCY OF DECORATIVE-PROTECTIVE POWDER COATINGS USE FOR CONSTRUCTION METAL PRODUCTS

**Lastivka O.V.**, PhD., Assistant Professor,  
oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

**Gots V.V.**, PhD.  
ORCID: 0000-0001-7702-1609

**Tomin O.O.**, graduate student  
alexkp94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419  
*Kiev National University of Construction and Architecture*

**Ковальчук О. Г.**,  
ORCID: 0000-0002-2830-9528  
*«Lacover» company*

**Abstract.** The range of materials used in construction is diverse in composition, structure, chemical, physical and mechanical properties and purpose. In industrial construction, concrete and metal products and structures have received large-scale distribution. To ensure the durability of construction metal products, there are requirements to ensure their resistance to the environment, with a corresponding decrease in the cost of the material by applying a decorative protective coating on their basis. It is here that powder coatings begin to emerge, displacing coatings based on liquid solvents.

The technology of applying decorative protective coatings based on powder paints has a number of advantages compared to paints based on liquid systems: powder paints are delivered to construction plants in a completely finished form; they do not need preparation, mixing, mixing and viscosity control. Obtaining a decorative protective coating based on powder paints is usually provided by a single-layer coating, while liquid paints require the application of several layers, which increases the production time of the coating. Easy disposal and recycling of powder paints, thereby increasing the efficiency of production. Reduced energy consumption for the production of coatings due to the lack of solvents. The possibility of full automation of production is provided, which allows to reduce the number of working personnel and production areas, as well as to increase production capacity.

Factor in their effectiveness is the durability of coatings. This is explained by the fact that powder paints do not contain intermediaries of film formation (solvents, water), but are mainly prepared on thermosetting oligomers and polymers of a crystalline structure with enhanced chemical resistance.

According to the key indicators of the quality of decorative and protective coatings, it was found that powder coatings based on polyester resins have existing advantages in ensuring the durability of building metal products compared to paint and varnish coatings — high impact strength and corrosion resistance, which indicates a high efficiency of decorative and protective powder coatings use in metal products and, accordingly, the prospects of their further research.

**Keywords:** metal products, liquid paints, powder coating, strength, adhesion, corrosion resistance.

Стаття надійшла 16.11.2018