

Гаджиев Э.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ПЫЛИ. В статье описан перспективный метод снижения выбросов пыли в атмосферу разработке пылеуловителей обеспыливающих систем аспирации в производстве строительных материалов. На основе результатов дисперсионного анализа пыли минеральной ваты, предложен обобщенный подход к определению эффективного размера частиц пыли. Предложен и апробирован на практике подход к определению функциональной зависимости интегрального распределения частиц пыли по эквивалентному размеру (эффективному размеру). Описан практичный способ определения критического (минимального) эквивалентного размера частиц пыли потенциально улавливаемых пылеуловителями. Обоснованы принципы разработки новых конструкций высокоэффективных пылеуловителей и увеличение степени сепарации с использованием результатов дисперсионного анализа улавливаемой пыли.

Ключевые слова: минеральная вата, пыль, пылеуловитель, сепарация, дисперсионный анализ, гидравлический размер, эквивалент-

ный диаметр, аспирация, обеспыливание, выбросы загрязняющих веществ.

Hajiyev E.N. INCREASE ENVIRONMENTAL SAFETY ON PRODUCTION OF THERMAL INSULATING MATERIALS BY REDUCE EMISSIONS USING ANALYSIS OF VARIANCE DUST. The article describes a promising method of reducing dust emissions development precipitators dedusting aspiration systems in the production of building materials. Based on the results analysis of variance dust mineral wool is provided a generalized approach to determining the effective size of the dust particles. Proposed and tested practical approach to the determination of the functional dependence of the cumulative distribution of dust particles on the equivalent amount (effective amount). Discloses a practical method for determining the critical (minimum) of equivalent size dust particles potentially trapped dust collectors. The principles of the development of new designs of high-performance dust removal and increase the degree of separation using the results of variance analysis of captured dust.

Keywords: Mineral wool, dust, a dust separator, separation, analysis of variance, hydraulic size equivalent diameter, aspiration, dedusting, pollutant of emissions.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-312-318
УДК 691.32

Сопов В.П., Долгий В.П.

*Харківський національний університет будівництва і архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net)*

ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Проведено аналіз літературних джерел з метою встановлення можливості заповнення бетонною сумішшю обмеженого простору трубобетонних конструкцій складного перетину. Розроблено ефективні склади бетонних сумішей для їх перекачування на великі відстані. Досліджено основні реологічні і фізико-механічні властивості отриманих складів бетонних сумішей.

Ключові слова: реакційно-порошкові бетони, високорухомі бетонні суміші, трубобетон, легкоукладальність, склад бетону.

Введення. Розвиток будівельної галузі тісно пов'язане з розвитком всієї економіки держави, що призводить до впровадження унікальних інноваційних проектів. Такий процес відкриває нові вимоги до бу-

дівельних конструкцій, матеріалів і виробів. Бетонознавство і технології бетону та залізобетону переживають період революційного стрибка, викликаного, в основному, застосуванням високоміцних і ком-

позитних матеріалів, комплексних високо-ефективних хімічних і мінеральних добавок, дисперсного армування та ін. В умовах підвищених вимог економічності, зниження витрат металу, цементу і лісових матеріалів, все більший інтерес у будівельників викликає труботетон.

У труботетонній конструкції металеві оболонки виконують функції поздовжньої і поперечної арматури, а також виступає в ролі опалубки. А обтиснення трубою бетоном перешкоджає розвитку в ньому мікротріщин під навантаженням. Труботетонні конструкції в своєму гранично напруженому стані здатні не втрачати несучу здатність миттєво. А також, труба, заповнена бетоном захищена від локальної втрати стійкості або зминання при навантаженні, а внутрішня її поверхня виявляється захищеною від корозії. Заміна залізобетону на труботетон дозволяє знизити витрати бетону в два рази, трудовитрати - приблизно вдвічі, загальну масу конструкцій в 2,5 - 3,5 рази [1].

Значний внесок у розвиток труботетонних конструкцій внесли такі вчені як Санжаровський Р.С., Росновський В.А., Кікін А.І., Труль В.А., Гвоздьов А.А та ін. [2-4].

Серед вітчизняних вчених, які займалися дослідженнями напружено-деформованого стану труботетонних конструкцій і оцінці їх міцності слід виділити Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, М. А. Бондаренко, В. М. Бондаренко, С. В. Олександрівського, О. Я. Берга, А. А. Гвоздьова та ін. [5-7].

Труботетонні конструкції ефективно застосовуються в самих різних областях будівництва по всьому світу. Зокрема, в таких відповідальних, як мостобудуванні, будівництві метро, а в останні роки - при будівництві висотних будівель.

В архітектурно-будівельній справі труботетонні конструкції налічують більш ніж 80-річну історію свого використання. У Радянському Союзі, Європі, США, Японії та інших промислово розвинених країнах серйозну увагу труботетонні конструкції привернули 60 років тому і отримали застосування в промисловому, міському багатопверховому і висотному будівництві, в

многостаканних вуличних розв'язках і різних спеціальних спорудах [8]. Успішно реалізовані ряд проектів з використанням труботетонних конструкцій в Європі, Китаї, США і в країнах СНД [9-12].

При бетонуванні конструкцій методом нагнітання основна увага приділяється вибору бетононасосного обладнання. На параметри перекачування можна істотно впливати також за допомогою підбору складу бетонної суміші. Тому, застосування бетонних сумішей для труботетонних конструкцій складного перетину знаходить все більшого поширення.

Використання високорухливих бетонних сумішей з ефектом самонапруження при виробництві длібнопролетних труботетонних конструкцій може вирішити ряд проблем, пов'язаних з нагнітанням, ущільненням, забезпеченням спільної роботи бетонного ядра і металеві обійми, мінімізацією наявності пустот і дефектів, усадкою тощо.

Заповнення металеві оболонки бетоном сумішшю є важливим технологічним етапом у виробництві труботетону. Необхідно забезпечити однорідне заповнення оболонки без недоліків у вигляді пустот.

Формування структури будівельних матеріалів, яке забезпечує фізико-механічні та технологічні властивості, багато в чому визначаються реологічними властивостями сумішей. Показники опадання або розпливу конуса не дають повного уявлення щодо фізичних і структурних процесів, що протікають у суміші. Тому, для широкого кола технологічних завдань, необхідно висловлювати реологічні характеристики будівельних сумішей в фізичних одиницях.

Бетонні суміші є багатофазними системами, де в якості дисперсійного середовища виступає вода, а в якості дисперсної фази виступають частки заповнювача, в'язучого і повітряні пори [13]. Властивості дисперсних систем визначаються ступенем їх дисперсності. Тобто бетонна суміш є прикладом полідисперсного середовища. За дисперсністю бетонні суміші займають проміжне положення між грубодисперсними і мікрогетерогенними системами. А

властивості мікрогетерогенних систем багато в чому збігаються з властивостями колоїдних систем [13, 14] і визначаються поверхневими явищами, а властивості грубодисперсних або зернистих систем - їх об'ємно-масовими характеристиками.

Одним з факторів, що впливають на процеси структуроутворення в дисперсних системах, є взаємодія дисперсної фази з дисперсійним середовищем. Управління властивостями системи може здійснюватися за допомогою поверхнево-активних речовин [13, 15]. Молекули ПАР сорбуються на поверхні частинок і створюють навколо неї гелеподібну оболонку, тим самим змінюючи характер контактів. А контактування сорбційних оболонок ПАР робить масу більш рухомою і легко деформуємою, тобто менш в'язкою.

Підвищення ефективності заповнення трубобетонних конструкцій складного перетину можливо за рахунок модифікації складів бетонних сумішей і отриманням низької в'язкості і покращенням розтіканням, що знаходяться за рамками класифікації за стандартами. Зниження в'язкості сумішей повинно супроводжуватися збереженням їх однорідності. Виключення крупного заповнювача дозволить вирішити ряд завдань, пов'язаних з сегрегацією суміші під тиском, а введення органічних і тонкодисперсних мінеральних добавок забезпечить однорідність суміші при перекачуванні і високі кінцеві характеристики бетону. Використання порошкових бетонів з високою рухливістю для заповнення конфігураційно складних довгопрогонних трубобетонних конструкцій, може бути єдиним рішенням при реалізації цих завдань.

Матеріали і методи дослідження. Дослідженню підлягали дрібнозернисті рухливі бетонні суміші на основі портландцементу.

В якості в'язучого використовувався портландцемент ПЦ 500 Д0 (відповідає ПЦ І 500 по ДСТУ Б.В.2.7-46: 2010) виробництва ВАТ «Белорусский цементный завод». Питома поверхня портландцементу становила в межах 3380 м²/г.

Як заповнювач використовувався пісок кварцовий пилоподібний фракції 0,1-0,63 мм.

Для досліджень застосовували мікрокремнезем МКУ 85 - мікрокремнезем конденсований ущільнений виробництва ВАТ «Челябінський електрометалургійний комбінат» (ТУ 5743-048-02495332-96), який представляє собою активну мінеральну добавку в бетон, що складається з мікроскопічних часток сферичної форми, що отримуються в результаті виробництва сплавів, які містять кремній. Зміст аморфного діоксиду кремнію не менше 85% по масі; втрати при прожарюванні не більше 4%; питома поверхня не менше 15 м²/г.

Для регулювання величини усадкових деформацій застосовували мінеральну добавку РСАМ, яка дозволяє отримувати бетони з компенсованою усадкою. Мінеральна добавка РСАМ відповідає СТБ 2092-2010 (українського стандарту не існує).

Sika ViscoCrete 5-600 SP було застосовано у якості суперпластифікатора з високим водоредукуючим ефектом на основі модифікованих ефірів полікарбоксилатів. За своїми споживчими властивостями добавка відповідає ТУ 2493-009-13613997-2007, ДСТУ Б В.2.7-65 та відноситься до пластифікуючих добавок І групи.

Для поліпшення легкоукладальності, адгезії, водонепроникності і міцності на розтягнення, а також зменшення усадки застосовували синтетичну дисперсію бутадієнстирольного каучуку SikaLatex.

Вплив добавок на властивості бетонних сумішей та бетонів вивчалось за допомогою комплексних методів дослідження, викладених в державних нормативно-технічних документах.

Задачі досліджень. Для заповнення горизонтальних елементів трубобетону бетонна суміш повинна володіти низькою в'язкістю (не більше 40 Пуаз), бути однорідною без водовідділення і розшарування.

Під час нагнітання тиск в магістралі не повинен перевищувати 1,5 МПа з урахуванням можливих деформацій прямокутного профілю бетоноводу.

Бетон повинен володіти характеристиками, зазначеними в табл. 1.

Таблиця 1 - Необхідні характеристики бетонної суміші і бетону

Характеристика	Показник
Водоцементне відношення	не більше 0,4
В'язкість бетонної суміші	не більше 40 Пуаз
Щільність суміші (бетону)	не більше 2000 кг/м ³
Міцність бетону на стиск	не менше 60 МПа
Міцність бетону на розтяг при вигині	не менше 3 МПа
Адгезія бетону до металу	не менше 1 МПа
Лінійне розширення бетону	не менше 0,05 %
Модуль пружності	не менше 30*10 ³ МПа

Результати досліджень. Визначальними факторами були збереженість рухливості, межа міцності на стиск, самонапруження або відсутність усадки, а також максимальний розплив конуса без розшарування [16, 17].

У базовому складі бетону вміст подрібненого кварцового піску складав 0,8 м³ в насипному стані, який забезпечував найбільш щільну упаковку компонентів суміші. Середня щільність бетонної суміші складала 2090 кг/м³. Однак, вже при розпливу стандартного конуса 50см спостерігається значне водовідділення. Було встановлено, що збільшення кількості цементу знижує водовідділення, але при цьому, межа міцності отриманого бетону залишається незмінною. А також відбувається значна усадка бетону [18].

Введення суперпластифікатора дозволяє регулювати рухомість суміші і величину В/Ц. Вплив пластифікуючої добавки Sika ViscoCrete 5-600 на властивості бетонної суміші наведено в табл. 2. Витрата цементу складала 700 кг/м³, піску молотого – 1080 кг/м³.

Для 3і 4 складу бетонної суміші спостерігалось її розшарування що свідчить про передозування добавки.

Для складу №2 з 0,7% добавки залежність величини розпливу конуса від часу наведено на рис. 1.

Таблиця 2 – Вплив суперпластифікатора Sika ViscoCrete 5-600 на властивості бетонної суміші

№ складу	В/Ц	Витрата хімічної добавки, % від маси цементу	Щільність суміші, кг/м ³	Розплив конуса
1	0,36	0,5	2010	60
2	0,34	0,7	2010	58
3	0,32	1,0	2055	61
4	0,31	1,2	2020	60

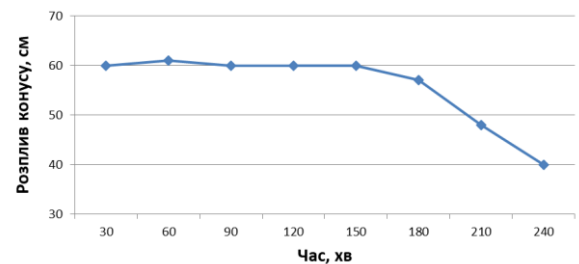


Рис. 1. Збереженість рухливості бетонної суміші з Sika ViscoCrete 5-600

На другому етапі модифікування бетонної суміші у склад бетону №2 (табл. 1) була введена мінеральна добавка мікрокремнезему МКУ-85. МКУ був введений з заміщенням частини подрібненого піску, витрата якого складала 980 кг/м³.

Також необхідно було коригувати вміст пластифікуючого компоненту. Це пов'язано з тим, що змінюється загальна кількість в'язучого при введенні мінеральної добавки, а також частки мікрокремнезема можуть адсорбувати на собі деяку кількість суперпластифікатору і води.

При максимальному розпливу конусу 92 см без розшарування вміст Sika ViscoCrete 5-600 склав 1,3% від маси цементу.

Третій етап модифікування суміші полягав у введенні добавки SikaLatex, що підвищує міцність на розтягнення і вигин, міцність зчеплення бетону з основою.

Бутадієн-стірольний латекс знижує В/Ц і суттєво впливає на збереженість властивостей бетонної суміші (рис. 2). При дозуванні 15% найвища межа міцності на стиск, а рухливість зберігалася не менше 8 годин.

Четвертий етап модифікування полягав у використанні добавки, що компенсує усадку бетону. На цьому етапі оцінювався

вплив на властивості бетонної суміші і бетону РСАМ (розширюючий сульфо-алюмінатний модифікатор).

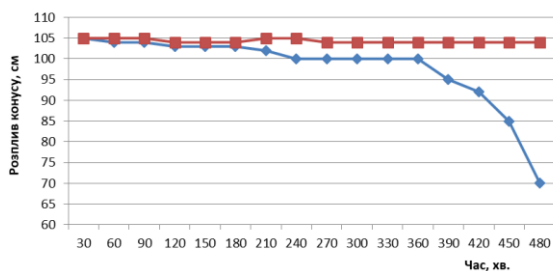


Рис. 2. Збереженість властивостей бетонної суміші з SikaLatex

Бетонна суміш з РСАМ має більшу збереженість властивостей і межу міцності

Таблиця 3 – Отриманий склад бетону

Клас бетону	В/Ц	Витрата матеріалів, кг/м ³							Щільність суміші, кг/м ³	Розплив конусу, см	
		Цемент ПЦ І 500	Пісок молотий	Вода	Хімічні добавки		Мінеральні добавки				
					Sika Crete 5-600	Visco Sika Latex	РСАМ	МКУ			
C55/67	0,33	700	760	210	14		70	100	70	1900	105

Показники лінійного розширення бетону свідчать про те, що усадка бетону повністю компенсується добавкою розширюючого агента.

В'язкість бетонної суміші визначалася за допомогою ротаційного віскозиметра Fungilab Expert L і віскозиметру Суттарда. Результати визначення величини розпливу на віскозиметрі Суттарда для бетонної суміші з в'язкістю 24 пуаз (при швидкості обертання шпинделя 100 об/хв) наведено на рис. 3.

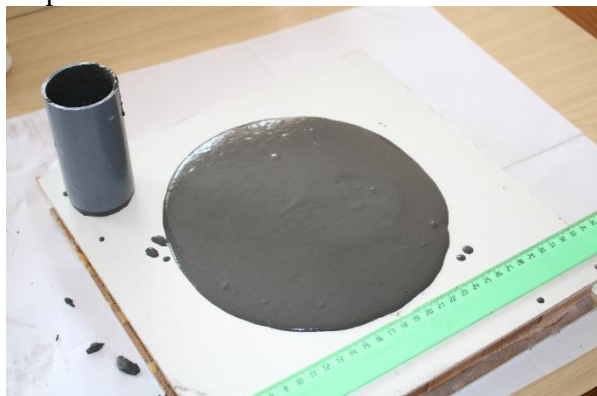


Рис. 3. Визначення величини розпливу на віскозиметрі Суттарда

бетону на стиск. На зразках бетону з РСАМ були відсутні усадочні тріщини. Витрата добавки складала 15% від маси цементу.

Остаточний найбільш ефективний склад бетону наведено в табл. 3.

Розшаровуваність бетонної суміші складала 3%, середня щільність - 1900кг/м³.

Бетонна суміш зберігала свої реологічні характеристики протягом 6 годин, а після закінчення цього часу почала втрачати рухливість, але через 8 год від початку замішування суміш залишається досить рухомою і має РК 70см.

Межа міцності на стиск отриманого складу бетону складала 61,2 МПа через 28 діб нормального твердіння, а межа міцності зразків у 56-добовому віці складала 74,8 МПа, що відповідає класу C55/67 (B55).

По міцності на розтяг при згині даний бетон відповідає класу Btb 4,0.

Міцність зчеплення з металевою основою - 0,85 МПа.

Модуль пружності бетону складав 31,4×10³ МПа.

Висновки

1. Розроблено склад бетонної суміші для трубобетону з розпливом конусу 104см, в'язкістю 24 пуаз, середньої щільністю 1900кг/м³, розшаровуваністю 3% і збереженням легкоукладальності 6 годин при температурі 20 °С.
2. Розроблено принцип проектування високорухомих бетонних сумішей із заданими характеристиками.
3. Отримано склад бетону з міцністю на стиск у віці 28 діб - 61,2 МПа, 56 діб - 74,8 МПа, міцністю на розтяг при згині

4,11 МПа, міцністю зчеплення з металевою оболонкою 0,85 МПа, модулем пружності $31,4 \times 10^3$ МПа, лінійним розширенням при витримці в камері нормального твердіння 0,08% і при витримці при відносній вологості 55% - 0,09%.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стороженко, Л.И. Расчет трубобетонных конструкций. / Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я.// – К.: Будивельник, 1991. – 321 с.
2. Ramu, K. Analyse et prevision des caracteristiques du pompage du beton auto-placant a haute resistense / These de doctorat specialite //Universite de sherbrooke, 2013. - 276 p.
3. Кикин, А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. / Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Трулль В.А.// – М.: Стройиздат, 1974. – 146с.
4. Росновский, В.А. Трубобетон в мостостроении. / Росновский В.А. // – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 110с.
5. Стороженко, Л.И. Трубобетонные конструкции. / Стороженко Л.И.// – Киев: Будівельник, 1978. – 82с.
6. Долженко, А.А. Усадка бетона в трубчатой обойме/ Долженко А.А // Бетон и железобетон. – 1960. – №8. – С. 353-358.
7. Санжаровский, Р.С. Теория и расчет прочности и устойчивости элементов конструкций из стальных труб, заполненных бетоном: Дисс. ... докт. техн. наук. – М, 1977. – 453 с.
8. Сахаров А.А. Несущая способность трубобетонных элементов с бетоном, твердеющим под давлением: дис. ... канд. техн. наук. – Самара, 1991. - 159с.
9. Мартиросов, Г.М. Шахворостов А.И. Трубобетонные элементы из бетона на напрягающем цементе/ Мартиросов Г.М. // Бетон и железобетон. - 2001. - №4. - С.12-13.
10. Шахворостов А.И. Исследование напряженно-деформированного состояния трубобетона на напрягающем цементе: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2000. - 158 с.
11. Кикин А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. / Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Трулль В.А. / – М.: Стройиздат, 1974.
12. Гаранжа, И.М. Подбор состава самоуплотняющегося бетона без минеральных добавок для использования в трубобетонных конструкциях / Гаранжа И.М., Лахтарина С.В., Зайченко Н.М., Танасогло А.В., Бакаев С.Н., Гаранжа С.В. // Современное промышленное и гражданское строительство. - 2015, том 211. - № 3. - С.119-133.
13. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Баженов, Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. // Научное издание. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – С. 328-337.
14. Tattersall, G. The Rheology of Fresh Concrete / Tattersall, G., Banfill, P // London, Pitman, 1983. - 356 p
15. Tattersall, G. Workability and Quality Control of Concrete / Tattersall, G // London, E & FN SPON, 1991. - 262 p.
16. Sopov V., Dolgiy V. The properties of concrete mixes, pumped over long distances / Web of conferences 6th International scientific conference «Reability and durability of railway transport engineering structures and buildings «Transbud 2017». Kharkiv, 2017. - С. 1-7.
17. Долгий В.П. Исследование свойств высокоподвижных бетонных смесей // Науковий вісник будівництва. Харків ХНУБА, 2017. Том 89 №3. С. 259-267.
18. Долгий В.П., Сопов В.П. Виготовлення і транспортування дрібнозернистих бетонних сумішей на великі відстані // Науковий вісник будівництва. Харків, 2018. - Т 91. - №1. - С. 262-268.

Сопов В.П., Долгий В.П. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ. Проведен анализ литературных источников с целью установления возможности заполнения бетонной смесью ограниченного пространства трубобетонных конструкций сложного сечения. Разработаны эффективные составы бетонных смесей для их перекачки на большие расстояния. Исследованы основные реологические и физико-механические свойства полученных составов бетонных смесей.

Ключевые слова: реакционно-порошковые бетоны, высокоподвижные бетонные смеси, трубобетон, удобоукладываемость, состав бетона.

Sopov V.P., Dolgy V.P. INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIVES ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MULTICOMPONENT CONCRETE MIXTURES. The literature sources are analyzed in order to establish the possibility of filling the concrete mix of a limited

space of pipe-concrete structures of a complex section. Effective compositions of concrete mixes for their pumping over long distances are developed. The main rheological and physical-mechanical properties of the obtained compositions of concrete mixtures are investigated.

Keywords: reactive-powder concrete, high-mobility concrete mixes, pipe-concrete, workability, concrete composition.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-318-323

УДК 72.036

Колесников В. Е.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: kolesnikov.vladimir9@gmail.com)*

ЖИВОПИСЬ ПИТА МОНДРИАНА И ОСНОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ СОВРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

Живопись Пита Мондриана является отправной точкой для дальнейшего развития современной архитектуры. Художник целенаправленно упрощал графику своих работ для лучшего раскрытия сути действительности, создание кода структуры мира. Современная архитектура не только освоила графику и композицию работ Пита Мондриана, но и его восприятия объекта творчества как модели Вселенной.

Ключевые слова: неопластицизм, структура, композиция, Современное Движение.

Введение. Архитектурная общественность Голландии в 2017г. отметила 100-летие Современной Архитектуры. Очевидно, что такая оценка была связана с деятельностью и творчеством группы De Stijl, известной творчеством художников Пита Мондриана, Тео ван Дуесбурга, скульптора Жоржа Вантангерлоо, архитекторов Геррита Ритвельда, Якобуса Йоганнеса Питера Ауда и др. Можно соглашаться или нет с рефлексией голландцев по поводу значимости группы в дискурсе современной архитектуры, но она оказывается продуктивной для понимания развития композиционного аспекта Современного Движения.

«Композиция с красным, желтым и синим» 1935 года (рис. 1) является типичной для классического периода Пита Мондриана, когда принципы провозглашенного неопластицизма приобрели на некоторое время устоявшуюся форму. Уравновешенность и диалог вертикалей и горизонталей, равновесие масс при асимметричной их

компановке, скрытая динамика становятся иконой для единомышленников художников, а затем архитекторов. В данной статье, рассматривающей структурные и графические аспекты, можно игнорировать аспект цвета и иллюстрировать не цветными репродукциями.

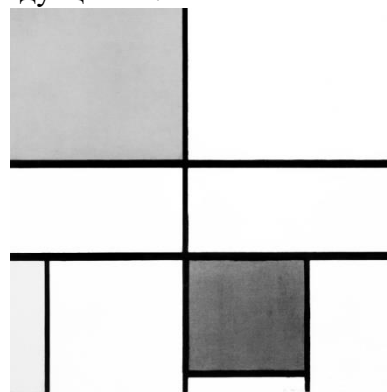


Рис. 1. П. Мондриан. Композиция с красным, желтым и синим, 1935 г.

Такая форма является итогом двадцатилетнего поступательного движения от предметной живописи к чистой форме.