



**Уральский государственный  
архитектурно-художественный  
университет**

**IV Международная научно-практическая конференция**

**НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
NITAC'2021**

**Yekaterinburg - 2021**



**Speakers: Ph.D. NURIDDIN BAKHRIEV, Dst. ZOXID FAYZILLAYEV**

**SAMARKAND STATE ARCHITECTURAL AND CIVIL ENGINEERING INSTITUTE  
named after Mirzo Ulugbek**

**PRESENTATION OF SPEAKERS AT IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND  
PRACTICAL CONFERENCE "NEW INFORMATION TECHNOLOGIES IN  
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION" NITAC'2021**

**Paper ID N8**

**MODELING OF OPTIMAL COMPOSITIONS OF DRY GYPSUM  
MIXTURES WITH BIO-VEGETABLE FILLERS, INVESTIGATION  
OF THEIR ADHESIVE PROPERTIES**

**CHELYABINSK - 2020**

# САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ имени Мирзо Улугбека



**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДОКЛАДЧИКА НА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ  
«НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
NITAC'2021»**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ СУХИХ ГИПСОВЫХ  
СМЕСЕЙ С БИОРАСТИТЕЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ,  
ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ**

Екатеринбург - 2021

## ➤ АННОТАЦИЯ

- В технологии современных отделочных работ актуальным направлением является разработка составов сухих штукатурных смесей с использованием биологических, энергосберегающих и местных материалов природного происхождения. В данной презентации представлены результаты научных исследований и лабораторные опробования внедрения био-растительных микронаполнителей при производстве сухих штукатурных смесей на гипсовом вяжущем.
- Сделаны попытки моделирования состава гипсовых штукатурных смесей, применяемых для внутренних стен зданий и сооружений.
  - Нами разработаны математические модели оптимальных составов с высокими показателями прочности сцепления этих композиций с различными поверхностями, что является одной из перспективных направлений в области сухого строительства.
  - Изучены влияние технологических и ингредиентных факторов на адгезионные свойства штукатурных смесей, составлены уравнения регрессии.

## ВВЕДЕНИЕ

Сухие строительные смеси с теплоизоляционными свойствами, образующие пористую структуру, позволяют снизить количество потребляемой энергии при эксплуатации зданий и сооружений. В недрах Средней Азии и Узбекистана имеются достаточные запасы сырья для развития промышленности сухих штукатурных смесей. Выявлены большие перспективные запасы сырья для производства строительного гипса и изделий на их основе, которые в настоящее время эффективно используются. На рынке строительных материалов, разнообразные ССС на основе гипса предлагаются под рядом торговых марок с большими производственными мощностями, такими как Knauf, Benefit, Eleron, Ventum, Megamix.

## ► Предлагаемая методология

Нами исследованы технические и эксплуатационные характеристики сухих штукатурных смесей соответствующих требованиям [5,6]. По условиям нанесения состава: для внутренних работ гипс по типу связующего, наибольший размером частиц наполнителей по  $D_z$  ( $0 \text{ мм} < D_z, \text{max} \geq 1,25 \text{ мм}$ ), легкая теплоизоляция для штукатурки по функциональному назначению, соответствует требованиям ручного нанесения.

С целью улучшения теплоизоляционных характеристик сухих штукатурных смесей на гипсовом вяжущем были использованы ряд местных биорастительных наполнителей, которые являются микроармирующими, легкими, теплоизоляционными. Это местная древесная щепа и однолетние полевые культуры: - пшеничная солома, стебли хлопчатника, которые являются вторичным сырьем и ежегодно образуются как многообъемные отходы от сельскохозяйственных продуктов. Все выбранные отходы относятся к типу возобновляемого сырья. Для их измельчения до необходимого уровня применялась специальная дробилка КДУ-2,0 – “Украинка”

## УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИО-НАПОЛНИТЕЛЕЙ



специальная дробильная установка КДУ-2,0 –“Украинка”

Целью наших исследований является, способы снижения затрат в процессе производства сухих строительных смесей (ССС) – с применением ингредиентов с высокими термозащитными свойствами, с использованием местного сырья и внедрение оптимальных модифицированных составов штукатурных смесей в производство. Смеси с такими теплоизоляционными свойствами, образующие пористую структуру, позволяют снизить количество потребляемой энергии при отоплении и эксплуатации зданий.



Рис.1. Биорастительные наполнители полученные из местных растительных отходов: а) -из опилок и ветвей тополя; б) -из стеблей хлопчатника, в) -из стеблей соломы

# ЦЕХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ МУКИ



at 18:30



В соответствии с поставленной задачей была выполнена серия экспериментов по оптимизации составов сухих штукатурных смесей с бионаполнителями. Подбор состава смеси производили сухим способом, т.е. все составляющие компоненты гипс, добавки и бионаполнители были высушены до влажности не более 1 масс. %. Расчетное количество составляющих компонентов измельчали до необходимой дисперсии, с удельной поверхностью 350 м<sup>2</sup>/кг. Готовая порошкообразная сухая смесь использовали для приготовления штукатурного раствора внутренних работ. Алгоритм технологического процесса переработки сухих модифицированных смесей с биорастительными наполнителями представлен на рис.2.

# Алгоритм технологического процесса переработки сухих модифицированных смесей с био-наполнителями

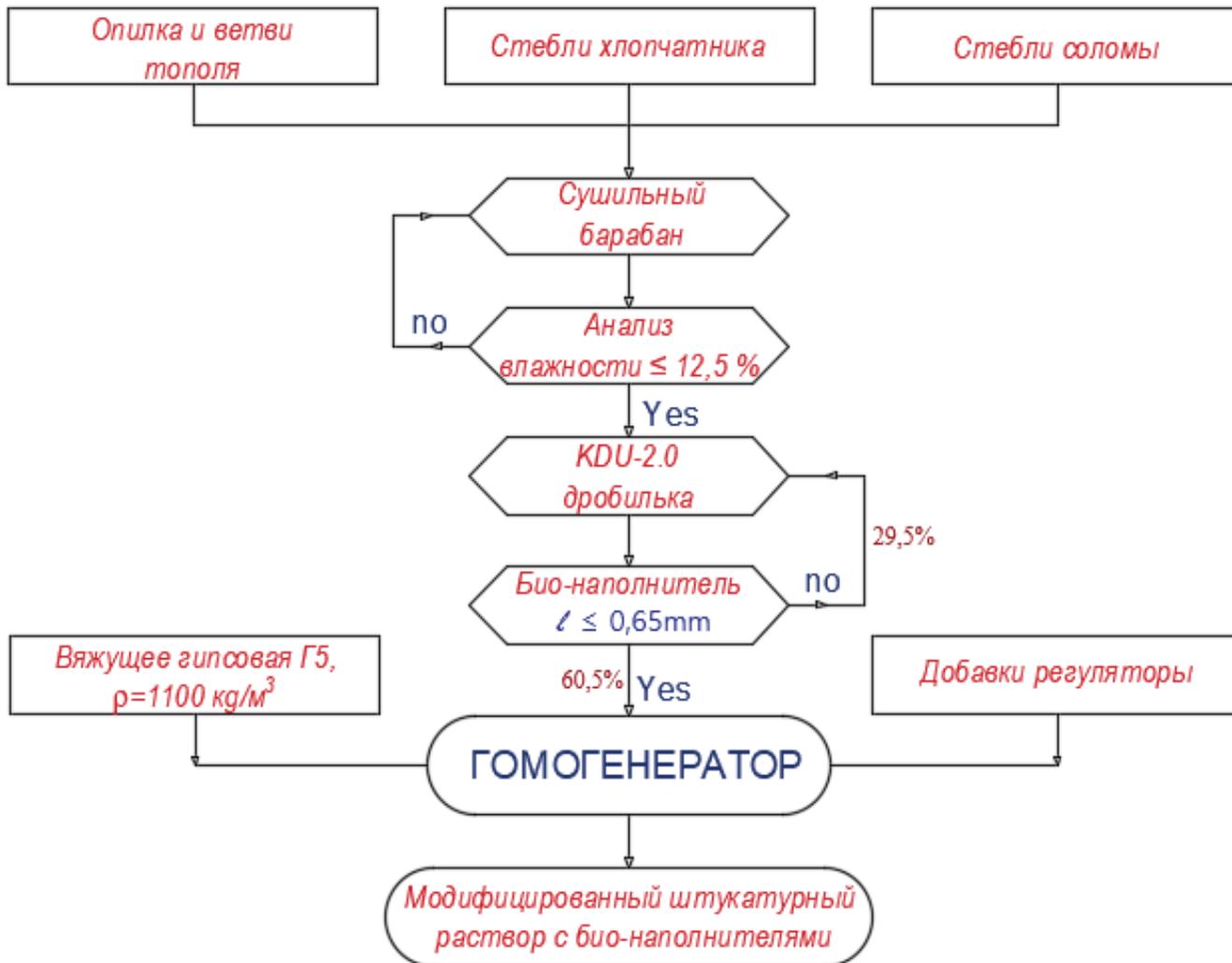


Рис.4.  
Алгоритм технологического процесса преработки сухих модифицированных смесей с био-растительными наполнителями

## Особенности добавления оптимального количества био растительной муки в сухие гипсовые штукатурные смеси.

Далее было изучено положительное или отрицательное влияние био растительной муки на реологические свойства гипсовой штукатурной смеси. Так как, чем мельче грануляционная структура био - растительной муки, т.е. если фракционный состав меньше 1,25 мм, (водопотребность сухой смеси увеличится от 200 ... 300%, в зависимости от вида растений и деревьев), процесс проходит быстрее и легче, что увеличивает водотвердое отношение В / Г от 0,50 до 0,55. В результате сроки схватывания сухой гипсовой штукатурной смеси согласно, начинается с 45 минут и по окончании времени затвердевания композиция набирает необходимой прочности.

Такие вспученные минералы, как - перлит, вермикулит, аглопорит, пенополистирол и другие добавляют в штукатурный смесь в качестве легкого наполнителя для снижения расхода материалов на 1 м<sup>2</sup> поверхности. Большинство вышеуказанных минералов в республику импортируют из вне. Исследованиями поставлена цель, вместо этих легких наполнителей использование от 2% до 5% био растительной муки, которая рекомендуется для внутренней отделки помещений. Нами исследованы физико-механические свойства нового состава, а также её улучшенная теплоаккумулирующая способность.

Для улучшения реологических свойств сухой штукатурной смеси были выбраны различные древесно- травяные добавки (в виде травяной муки) полученные из местных растительных отходов и изучено их влияние на состав смеси.

Выбранными органическими отходами были местная древесная щепа, однолетние полевые растения, которые обрабатывались на специальной линии по производству травяной - древесной муки.



Рис.5. Сырье для производства древесной муки: а) стебли хлопчатника (однолетнее полевое растение) б) отходы деревянной щепы и однолетних полевых растений; в) полученная травяная - древесная мука.

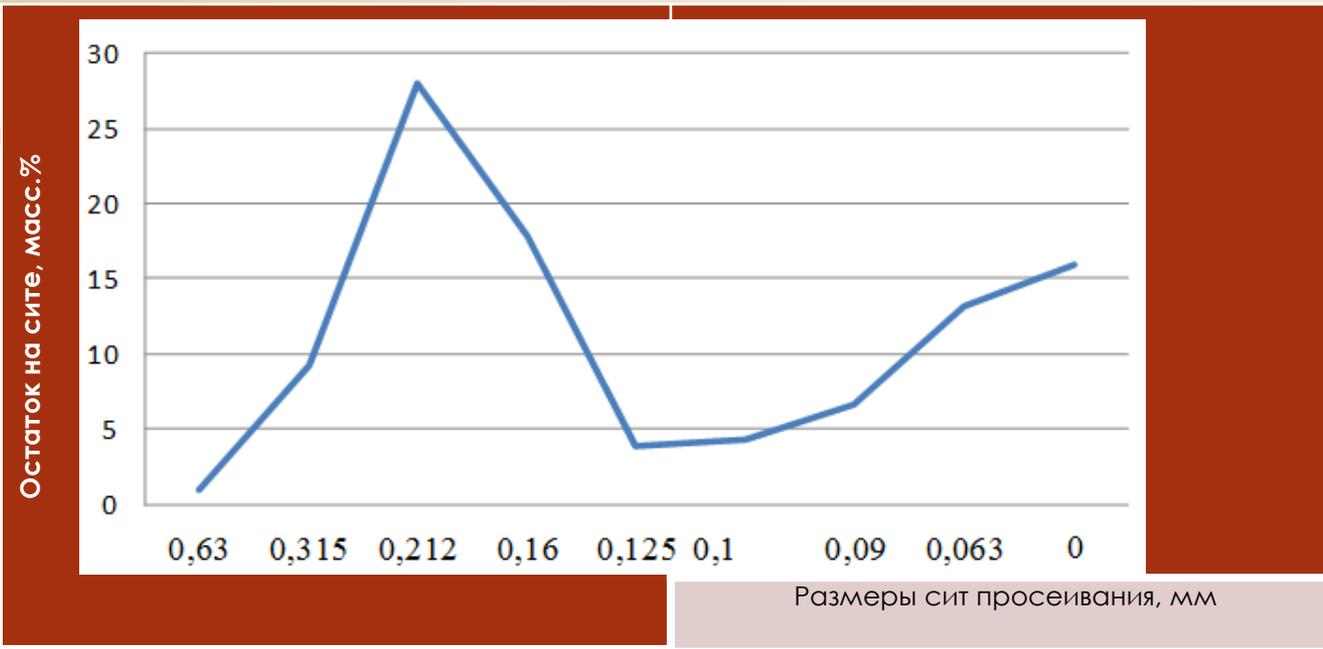


Рис.4. фракционный состав древесно - травяной муки

В связи с тем, что влажность растительных опилок и веток леса составляет 7,7 %, в процессе измельчения устанавливается специальная сушилка, при этом объемный вес опилок составляет 240 кг / м<sup>3</sup>. Полученную древесную муку использовали в качестве наполнителя в состав сухой штукатурной смеси от 2 до 5 %, разработанный состав представлен на табл.1.

## Состав сухой штукатурной смеси на биорастительном наполнителе

п/п	Наименования составляющих компонентов	Количество масс. %	Оптимальное содержание компонентов для приготовления 1500 кг сухой штукатурной смеси	
			%	кг
1	Гипс G5	60-96	96	1345-1300
2	Микрокальцит измельченный	0-40	6,69	100
3	Целлюлоза YF 200	0,15-0,40	0,16	2,4
4	Лимонная кислота	0,05-0,45	0,3	4,5
5	Гашенная известь (пушонка)	2	1,16	17,5
6	Биорастительный наполнитель (древесная-древянная мука)	1-5	2-5	30-75
7	Деркин 05	0,01-0,375	0,05	0,75

С целью определения оптимального количества составляющих компонентов и знакопеременных технологических параметров была выполнена серия экспериментов по линейному четырехфакторному математическому плану. В качестве функций отклика были приняты прочность сцепления штукатурного раствора к различным поверхностям основания. Прочность сцепления определяли согласно , через растяжение образцов «двоек» на разрывной машине УММ-5.

В качестве варьируемых входных факторов были приняты:  
количество био растительного наполнителя в сухой штукатурной смеси, масс. %;

соотношение воды и сухой смеси для получения раствора нормальной подвижности, В/Т;

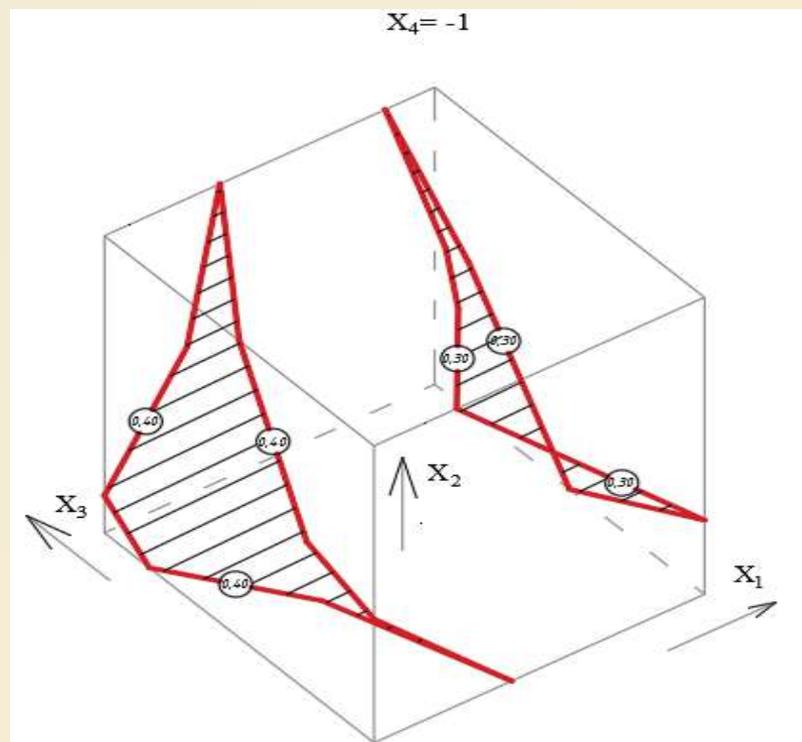
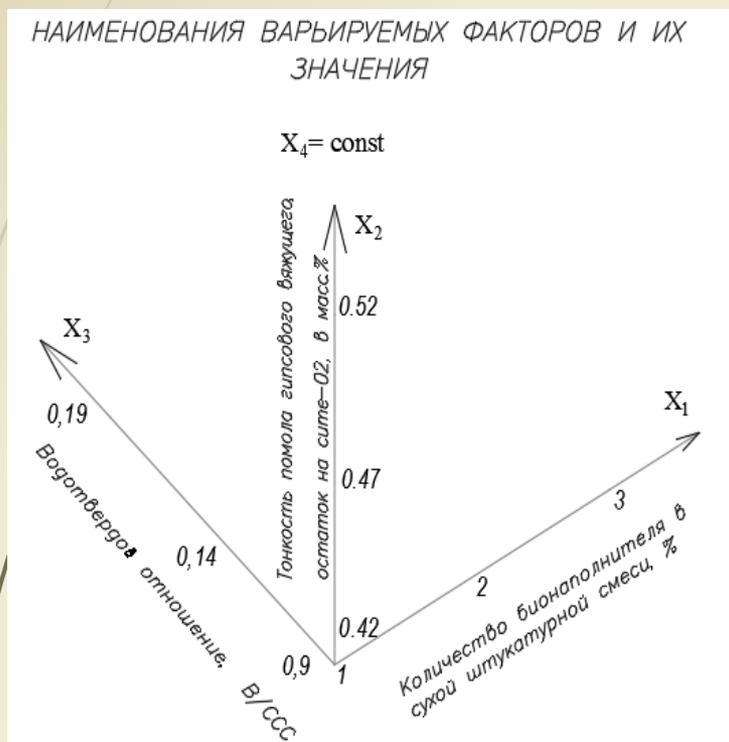
тонкость помола гипсового вяжущего, определяемая количеством остатка на сите размером ячеек 0,2 мм, масс.%;

максимально смесопригодная фракция бионаполнителя, определяемая через просеивание на ситах размером ячеек 0,63, 0,315, 0, 16 мм

## Интервалы и уровни варьирования факторов

Варьируемые факторы		Уровень варьирования			Интервал варьирования
Наименование	Код	-1	0	+1	
Количество бионаполнителя в сухой штукатурной смеси, %	X <sub>1</sub>	1	2	3	1
Соотношение воды и сухой смеси для получения раствора нормальной подвижности, В/С	X <sub>2</sub>	0,42	0,47	0,52	0,05
Тонкость помола гипсового вяжущего, определяемая количеством остатка на сите размером ячеек 0,2 мм, в масс. %	X <sub>3</sub>	9	14	19	5
Максимально смесопригодная фракция бионаполнителя, определяемая через просеивание на ситах размером ячеек 0,63; 0,315; 0,16 мм.	X <sub>4</sub>	0,16	0,315	0,63	0,16

Для описания корреляционной зависимости параметров оптимизации прочности сцепления штукатурной смеси с различными поверхностями и кинетики увеличения прочности во времени в зависимости от выбранных факторов эксперимента  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  представляется достаточным ограничиться анализом поверхности отклика линейного уравнения.



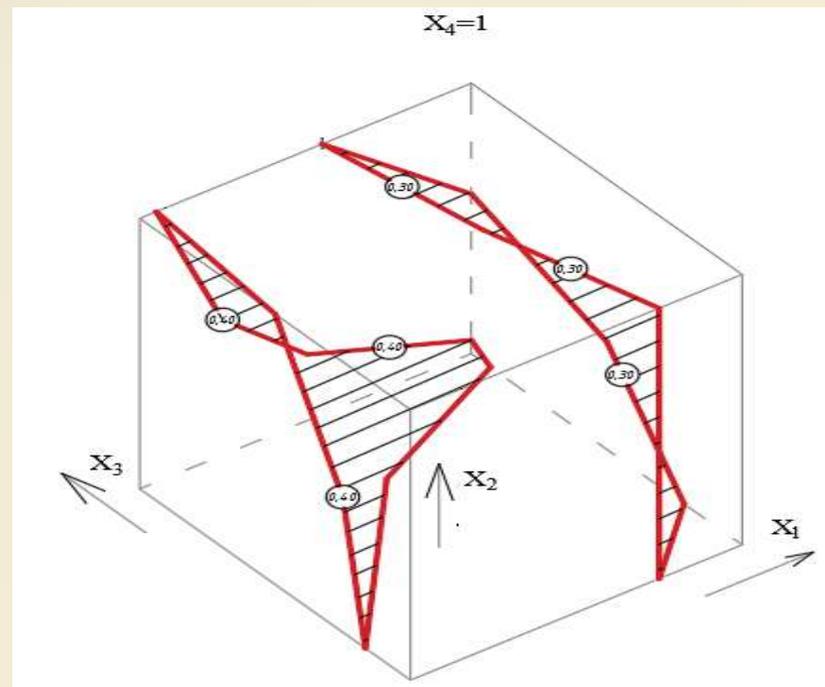
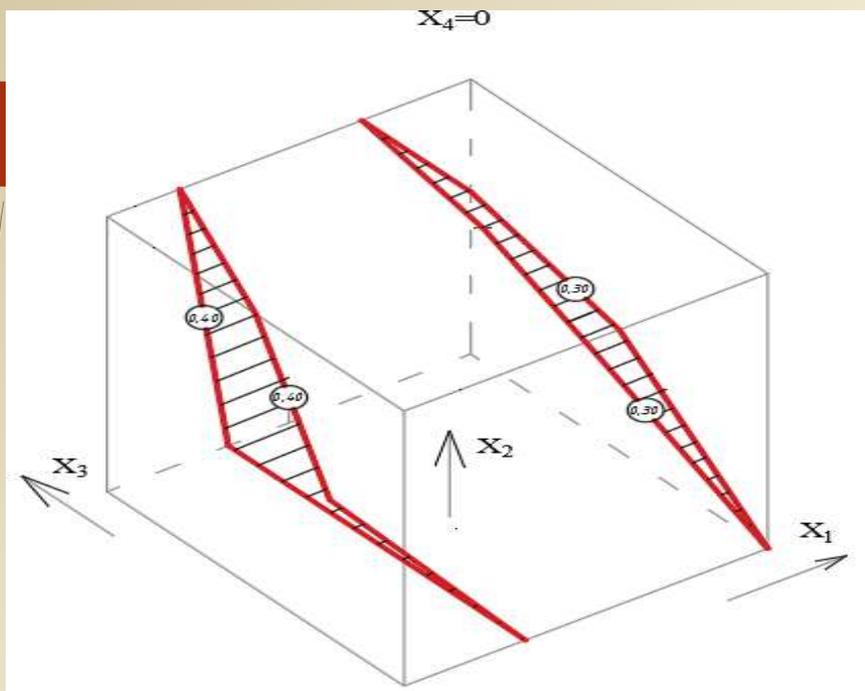


Рис.6. Изопараметрические диаграммы прочности сцепления штукатурной сухой смеси с бетонным основанием и их математические модели в трехмерном пространстве, отклики уравнения регрессии.

В результате обработки экспериментальных данных был получен уравнение регрессии, адекватно описывающее кинетику набора прочности сцепления растворной смеси в зависимости от содержания составляющих компонентов (1).

$$Y=0.35-0.06X_1-0.03X_2+0.02X_3-0.02X_1X_2-0.02X_1X_2X_3-0.03X_2X_3X_4 \quad (1)$$

В результате математической обработки полученных данных , а также анализа изопараметрических диаграмм, установлено, что наиболее существенное влияние на прочность сцепления предлагаемой системы оказывает фактор  $X_1$  (количество бионаполнителя в сухой штукатурной смеси, %), так как в нем наибольший коэффициент корреляции. Степень влияния варьируемых факторов, рассмотренных в данных сериях экспериментов и критерии оптимальности находятся в следующей последовательности .

$$X_1 > X_2 > X_3 > X_4 \quad (2)$$

### Заключение

По полученным данным экспериментов и математической обработки результатов построен модель зависимости прочности сцепления штукатурной смеси с био растительными наполнителями, определен зависимость прочности сцепления от варьируемых знакопеременных факторов. На основании изопараматрических диаграмм возможен подбор состава раствора в требуемых пределах с учетом технологии и свойств сырьевых материалов.

Пользуясь данными моделей, можно подбирать состав, при котором адгезия штукатурной гипсовой смеси с био растительными наполнителями достигает максимальной величины 0,52...0,55 МПа.

В общем, способность штукатурных смесей покрывать обработанную поверхность стены и адгезионные свойства зависят в первую очередь от прочности смеси и материала стены. Если стена сделана из газоблоков, а предел прочности газоблочного камня равен В1, то есть 1 МПа, то его традиционная марка по плотности составляет D500.

Предел прочности предлагаемой гипсовой смеси с бионаполнителем составляет 4,5-5 МПа, и при этом, максимальная величина прочности на растяжение достигает 0,52...0,55 МПа. При наложении такой смеси на поверхность стены из газоблока и испытании системы под действием разрушающих усилий происходит разрыв через газоблок, как показано на рисунке 7. При испытании данного состава на кирпичных и бетонных стенах, контактная зона штукатурного слоя сохраняется, разрушение происходит через растворную прослойку.



► Таким образом, добавка до 5% биораствительной мукой несколько отрицательно влияет на прочность затвердевшего растворного камня, увеличение прочности при большом размере опилок известно из предыдущих исследований, ясно, что размер опилок создает эффективное армирование растворного камня. Наблюдается несоответствие требованиям ГОСТ 31377-2008 при добавлении в смесь в большем количестве травяной муки, т.е. при этом обилие и мягкость древесной муки меняет цвет смеси, положительной стороной является то, что средняя плотность смеси составляет 934 кг / м<sup>3</sup> при уменьшении средней плотности.

► В соответствии с требованиями ГОСТ 31377-2008 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом связывающем» этот показатель может быть уменьшен до значения не менее 2,0 МПа. Когда это достигается за счет уменьшения количества связующего и добавления органических добавок, достигаются две цели. Первое - замена вяжущего, то есть определенной части гипса биораствительной мукой, при сохранении заданной прочности снижает насыпную плотность сухой строительной смеси, предназначенной для оштукатуривания, что естественным образом улучшает теплопроводность и звукоизоляцию. Во-вторых, в некоторых случаях можно сэкономить до 10% на определенном количестве гипса, который дает больше прочности, чем необходимо.

Изучены другие конструкционные и технические свойства оптимальных составов, обеспечивающих требуемую прочность. При исследовании структуры образцов разного состава установлено, что увеличение количества биораствительной муки приводит к образованию плоско-рассеянных пористых структур. Такие конструкции позволяют создать в здании лучший санитарно-гигиенический воздухопроницаемый слой штукатурных слоев по сравнению с штукатурками с плотной структурой.



**Thank you for  
your attention**

***ЭЪТИБОРИНГИЗ  
УЧУН РАХМАТ !***