

13. Проектирование и устройство свайных фундаментов: СП-50-102-2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004 – 109 с.
14. Жуков, Н.В. Расчет коротких свай на осевые вдавливающие нагрузки / Н.В. Жуков // Обзорная информация. – М.: ЦНИИЭП-сельстрой, 1989. – Вып. 3. – 72 с.
15. Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник проектировщика / Под ред. Е.А. Сорочана, Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
16. Ганичев, И.А. Устройство искусственных оснований и фундаментов / И.А. Ганичев. – М.: Стройиздат, 1981. – 543 с.
17. Никитенко, М.И. Буроинъекционные анкеры и сваи при строительстве и реконструкции зданий и сооружений: монография / М.И. Никитенко – Мн.: БНТУ, 2007. – 508 с.
18. Березанцев, В.Г. Расчет оснований сооружений. – Л.: Стройиздат, 1970. – 308 с.
19. Лапшин, Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Изд-во Саратовского университета, 1979. – 152 с.
20. Мамонов, В.М. К расчету осадок буронабивных свай в лессовых грунтах / В.М. Мамонов // Труды НИИ оснований и подземных сооружений. – Вып. 90: Свайные фундаменты. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 77–91.

Материал поступил в редакцию 15.12.10

NEVEYKOV A.N., POYTA P.S., SHVEDOVSKIY P.V. Progressive designs drillstuffed of piles: features of work, application, designing

In article are presented review progressive pile technologies fabrications bored piles, are considered particularities of the work, condition of the using and designing such piles.

УДК 624.15:624.154+658.562

Шведовский П.В., Пойта П.С., Дроневиц А.Ю.

ОСОБЕННОСТИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Введение. На процесс принятия проектного решения по свайным фундаментам оказывает влияние множество факторов: инженерно-геологические и гидрогеологические условия стройплощадки; конструктивная схема здания; строительные, заводские, технологические и временные ограничения (несовершенство оборудования и механизмов, стесненность условий, отсутствие специальных материалов и изделий, срок строительства и т.д.). Поэтому выбор оптимальных конструктивных (КР) и организационно-технологических (ОТР) решений представляет собой сложную инженерную задачу, требующую реализации принципов комплексности и системности подходов к оценке возможных вариантов.

Оптимальный вариант КР и ОТР должен характеризоваться определенной системой критериев, базирующихся на совокупности внешних (технично-эксплуатационных и технико-экономических), внутренних (технологических, конструктивных и организационных) и дополнительных (экологических и др.) параметров и показателей [1, 2, 3].

Следует отметить, что традиционные методы решения однокритериальных задач, реализующие оптимизацию одного-двух, реже трех параметров, при введении ограничений на все другие, а также принятие альтернативных КР и ОТР по экономическим показателям не всегда правомерно, так как стоимостная оценка нелинейна с точки зрения полезности и качества технического решения [3].

Наиболее целесообразно при оценке КР и ОТР использование многофакторного моделирования, с моделью в виде функции:

$$K_{ki} = f_{ki}(K_{a1}, K_{a2}, \dots, K_{aj}, \dots, K_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где K_{aj} , K_{ki} – показатели, характеризующие определенное свойство (особенность) соответственно конструктивного и организационно-технологического решения, а также наличие прямых и обратных связей и взаимосвязь технологических и конструктивных параметров [1].

Методика исследований. Так как выбор решения необходимо осуществлять на базе «наибольшей предпочтительности», т.е. оптимизации на совокупность показателей эффективности, то собственно решение представимо в виде следующих частных задач:

- разработка способов представления вариантов, удобных для полного их перебора из исходного множества и полного набора показателей эффективности, которые должны учитываться при

оценке каждого варианта, а также шкалы и процедуры оценок по каждому показателю эффективности;

- разработка процедуры, позволяющей выделить из исходного множества вариантов (альтернатив) подмножество наиболее предпочтительных вариантов и на их основе построить ряд предпочтительности альтернатив.

Отсюда задачу многокритериального выбора можно сформулировать следующим образом. Если a – решение (вариант, альтернатива) из множества допустимых решений A , при этом качество решения оценивается локальными критериями (показателями эффективности) X_1, X_2, \dots, X_n , составляющими вектор $X = (X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n)$, связанный с отображением решений $a \rightarrow X = \Phi(a)$, заданных аналитически, статистически или эвристически, а относительная важность предпочтительных показателей эффективности (ППЭ) (локальных критериев) задана вектором приоритетов $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$, где $\lambda_j \in [1, \infty]$ – транзитивная бинарная связь критериев j и $j+1$, т.е. для всех элементов $a_1, a_2, a_3 \in A$ действительно условие $a_1 Ra_2, a_2 Ra_3 \Rightarrow a_1 Ra_3$, то искомое решение A^o должно удовлетворять двум условиям – должно быть допустимо, т.е. принадлежать множеству допустимых решений \bar{A} и быть наилучшим, т.е. должно оптимизировать вектор X с учетом приоритетов ППЭ $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ и может быть записано в следующем виде:

$$a^o = \phi^{-1}[\text{opt}(X(a), \lambda)]. \quad (2)$$

В случае неединственности решения целесообразно выделять подмножество решений A^o с моделью вида:

$$A^o = \{a^o\} = \bigcup_{a \in A} \phi^{-1}[\text{opt}(X(a), \lambda)], \quad (3)$$

где opt – оператор многоцелевого выбора; ϕ^{-1} – обратное отображение $X \rightarrow a = \phi^{-1}(X)$.

Схема реализации этих задач и выбора альтернативных вариантов, а в конечном итоге и проектных вариантов, представлена на рисунке 1.

Дроневиц Александр Юрьевич, аспирант кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.



Рис. 1. Схема реализации задач по выбору альтернативных и оптимального варианта свайного фундамента

Анализ схемы показывает, что выбор оптимального решения осуществляется в конечном итоге по группе критериев эффективности K_{ij} и предпочтительности U_i (экономической, эколого-социальной, технолого-конструктивной и др.), при этом необходима последовательная или выборочная реализация следующих целевых групп: многоцелевой выбор из множества целей; оптимизация на множестве объектов и множестве условий; оптимизация в динамике, на множестве этапов и множестве вариантов; многовекторная оптимизация.

Следует отметить, что реализация многокритериального выбора требует также и четкого определения области компромисса, нормализации и учета приоритетности решений. Область компромисса, с практической точки зрения, должна определяться как подмножество решений, для которых невозможно улучшение без уменьшения уровня хотя бы одного показателя эффективности.

Выбор области компромисса может быть осуществлен двумя методами: исключением области согласия A^s из области возможных решений $A^o = A \setminus A^s$; выделением области компромисса на основе ее собственных свойств $(a, x) \rightarrow A^o$. Второй метод более приемлем, так как необходимо выполнение только одной операции. Кроме того, элементы области A^o определить значительно легче, нежели элементы области A^s , так как $A^s \geq A^o$.

Определение области компромисса наиболее целесообразно осуществлять с помощью метода направленного или адаптированного поиска, аппроксимации или с использованием алгоритмов оценки доминирования, что позволяет значительно сузить область нахождения оптимальных решений.

В настоящее время при обосновании проектных решений очень редко реализуют принцип «справедливого» компромисса, основанного на абсолютной или относительной уступках. Принцип абсолютной справедливой уступки можно описать следующей моделью –

$$opt x \equiv \left\{ x / \sum_{j \in J^+} \Delta x_j \geq \sum_{j \in J^-} \Delta x_j \right\} \cap X^o, \quad (4)$$

а относительной справедливой уступки

$$opt x \equiv \left\{ x / \sum_{j \in J^+} \varphi_j \geq \sum_{j \in J^-} x_j \right\} \cap X^o, \quad (5)$$

где φ – модуль относительного изменения – «цена уступки»; J^+ – подмножество возрастающих локальных ППЭ ($\Delta x_j > 0$); J^- – подмножество уменьшающихся локальных ППЭ ($\Delta x_j < 0$); Δx_j – абсолютная величина прироста или снижения ($J^+ \cup J^- = J$).

Данные модели реализуют следующий принцип компромисса:

«справедливым» считается такой компромисс, когда суммарный уровень снижения одного или нескольких ПЭ не выше, чем суммарный уровень прироста других ППЭ.

В качестве же параметров предпочтительности наиболее целесообразно оперировать рядом предпочтительности \bar{X}_i и векторами приоритетов λ_i и значимости q_i , определяемыми методом последовательной оптимизации.

При этом ряд предпочтительности \bar{X}_i определяет упорядоченное множество локальных критериев $\bar{X}_i = \{1, 2, \dots, n\}$, т.е. $\{\bar{x}\} = \{x_1 > x_2 > \dots > x_n\}$, вектор приоритета $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ показывает степень совпадения двух рядом стоящих в ряду предпочтительности ПЭ, по значимости, а вектор значимости q_j – значимость j -го ПЭ по сравнению с другими ПЭ, который может быть задан как точно (принцип строгого приоритета), так и приближенно в виде определенной области (принцип гибкого приоритета).

Однако бесспорно важнейшим моментом является вопрос об определении значимости показателей эффективности, которые могут быть выявлены на основе их потерь, энтропии или методами экспертных оценок.

Результаты экспериментов. Не рассматривая особенности их выявления в условиях неопределенности, рассмотрим предложенную методику по выбору из ограниченного множества (шести типов свай) (таблица 1) варианта со значимыми показателями эффективности.

Расчеты проводим по следующим этапам:

- определяется исходная матрица решений с последующей ее нормализацией, т.е. $P \bar{E} \bar{P}$;
- по величинам значимости показателей эффективности (q_i) составляется матрица эффективности (F);
- определяются множества согласия и несогласия по каждой паре вариантов (H_{ke});
- определяются индексы согласия (C_{ke}) и несогласия (d_{ek}), отражающие предпочтительность одного варианта перед другим, из которых формируются соответствующие матрицы;
- осуществляется построение доминирующих матриц согласия (D_C) и несогласия (D_H);
- определяется агрегированная матрица доминирования (D_a);
- удаляются менее предпочтительные варианты как по критерию согласия, так и по критерию несогласия.

Исходная матрица формировалась по блоку исходных данных, включающих характеристики и параметры основания, фундамента и здания (таблица 2 и таблица 3).

Таблица 1. Показатели эффективности свай

Вариант	Тип свай	Показатели эффективности				
		Стоимость, у.е./м ³		Удельная стоимость, у.е./кН	Несущая способность (предельная нагрузка), кН/м.п.	Удельная несущая способность, кН/м ³
		материалы	производство работ			
1	2	3	4	5	6	7
1	Свая забивная призматическая	75	50	0,12	95	1120
2	Свая буронабивная из бетона на напрягающем цементе	69	72	0,14	124	1136
3	Свая буронабивная из бетона на напрягающем цементе с предварительным уплотнением грунтового массива тяжелыми трамбовками	69	75	0,13	131	1120
4	Свая буронабивная из бетона на напрягающем цементе с раскаткой скважины	69	69	0,12	218	1280
5	Свая буронабивная из тяжелого бетона	60	70	0,20	110	1112
6	Буроинъекционная свая из тяжелого бетона	50	65	0,11	210	1190

Таблица 2. Характеристики и параметры основания и здания

Нагрузка на фундамент	– 920 кН/м
Геологическое строение стройплощадки	– пески мелкие, средней прочности, мощностью от 2 до 3 м, подстилаемые супесями легкими с прослойками суглинков
Глубина залегания грунтовых вод	– 2,8 м
Прогнозируемый уровень	– 2,3 м

Таблица 3. Характеристики и параметры фундаментов

Вариант	Тип фундамента	Показатели эффективности			
		Стоимость, у.е/м ³		Удельная стоимость, у.е/кН	Удельная несущая способность, кН/м ³
		материалы	производство работ		
1	2	3	4	5	6
a ₁	С забивными призматическими сваями	97,5	45,0	0,155	1120
a ₂	С буронабивными сваями из бетона на напрягающем цементе	58,4	57,6	0,126	1136
a ₃	С буронабивными сваями из бетона на напрягающем цементе с предварительным уплотнением тяжелыми трамбовками	52,8	59,1	0,122	1120
a ₄	С буронабивными сваями из бетона на напрягающем цементе с раскаткой скважины	50,2	56,2	0,116	1280
a ₅	С буронабивными сваями из тяжелого бетона	68,3	55,4	0,135	1112
a ₆	С буронабивными сваями из тяжелого бетона	40,1	52,0	0,112	1190

Значимость показателей, эффективности, в соответствии с проведенным анализом (таблица 3), принята равной: q₁ = 0,403; q₂ = 0,312; q₃ = 0,116; q₄ = 0,125 [5, 6, 7, 8].

По исходной матрице P приняты технического решения вида

$$P = [x_{ij}] = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ a_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ a_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix}, \quad (6)$$

где a₁, ..., a_m – сравниваемые варианты технических решений (i = 1, m); x₁, ..., x_n – полидименсиональные показатели эффективности (j = 1, n); x₁₁, ..., x_{mn} – значения показателей эффективности выполнив ее нормализацию по зависимости

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

была составлена матрица эффективности, позволившая определить все множества согласия и несогласия, при этом множество согласий C_{ke} состоит из индексов тех показателей, по которым k-ый вариант не хуже, чем вариант e-ый, а множество несогласий H_{ke} состоит из индексов тех же показателей, по которым e-ый вариант превосходит k-ый.

Последовательно определяя элементы матрицы согласия, индекс согласия для пары вариантов a_k и a_e определялся по зависимости:

$$C_{ke} = \frac{j \in \mathcal{C}_{ke}^{q_1}}{\sum_{j=1}^n q_j}, \text{ а при } \sum_{j=1}^n q_j = 1, C_{ke} = \sum_{j \in \mathcal{C}_{ke}} q_j, \quad (8)$$

а индексы несогласия d_{ke}, которые для каждой пары вариантов k и e (k, e = 1, m; k ≠ e) характеризуются зависимостью типа:

$$d_{ke} = \left\{ \max_{j \in H_{ke}} f_{kj} - f_{ej} / : \max_{j=1, n} f_{kj} - f_{ej} / \right\}, \quad (9)$$

были построены матрицы согласия C и несогласия O.

Определяем элементы D_c=[1_{ke}] и строим доминирующую матрицу согласия, исходя из соответствия:

$$I_{ke} = \begin{cases} 1, & \text{если } C_{ke} \geq \bar{C} \\ 0, & \text{если } C_{ke} < \bar{C} \end{cases}, \quad (10)$$

где C̄ – средний индекс согласия, равный

$$C = \left(\sum_{k \neq e}^m \sum_{e \neq k}^m C_{ke} \right) : [m \cdot (m - 1)], \quad (11)$$

при этом имея в виду, что парные элементы матрицы характеризуют доминирование одного варианта над другим.

Агрегированная матрица, построенная по матрицам согласия и несогласия, показала, что недоминируемыми вариантами являются фундаменты с буронабивными сваями из тяжелого бетона (a₅), из бетона на напрягающем цементе с раскаткой скважин (a₄) и с забивными призматическими сваями (a₁).

Не менее существен и вопрос упорядочения (расположения) вариантов фундаментов по предпочтительности. Рассмотрим метод упорядочения, который пригоден как для кардинальных (числовых), так и для ординальных (порядковых) показателей эффективности сравниваемых вариантов.

Так как нам необходимо предлагаемые варианты «наилучшим» образом согласовать с системой ценностей, то очевидно, что если в упорядочении вариантов присутствует частичный порядок a_k > a_e, то факт x_{kj} ≥ x_{ej} оценивается при помощи q_j, а факт x_{kn} < x_{en} – при помощи q_n.

Отсюда оценка упорядочения вариантов β_q (q=1, 2, ..., m!) должна определяться по зависимости:

$$\beta_q = \sum_{k, e=1}^m \sum_{j \in \mathcal{C}_{ke}} q_j - \sum_{k, e=1}^m \sum_{j \in H_{ke}} q_j, \quad q = 1, 2, \dots, m! \quad (12)$$

где

Таблица 4. Кардинальные и ординальные показатели эффективности фундаментов

Показатель эффективности	Индекс показателя	Варианты			Значимость показателя
		a ₂	a ₃	a ₆	
1	2	3	4	5	6
Стоимость материалов, у.е/м ³	X ₁	69	69	50	0,18
Стоимость производства работ, у.е/м ³	X ₂	72	75	65	0,16
Удельная стоимость, кН/м ³	X ₃	0,14	0,13	0,11	0,24
Общая стоимость, у.е/м ³	X ₄	141	144	115	0,22
Объем бетона, м ³ /м.п.	X ₅	0,148	0,143	0,159	0,07
Относительные энергетические затраты	X ₆	II	II	III	0,03
Степень сложности технологических процессов	X ₇	II	II	III	0,02
Степень потребности специальных средств	X ₈	I	II	III	0,02
Влияние погодных условий	X ₉	III	III	II	0,02
Уровень механизации	X ₁₀	II	II	III	0,01
Потребность в высококвалифицированных специалистах	X ₁₁	II	II	III	0,01
Поточность	X ₁₂	II	II	II	0,01
Надежность в эксплуатации	X ₁₃	II	II	III	0,01

Примечание: Ординальные показатели I, II и III для уровней и условий характеризуют соответственно «высокие-средние-низкие», а для потребностей – «малые-средние-большие»

$$\left. \begin{aligned} C_{ke} &= \{j / X_{kj} > X_{ej}\}, k, e = 1, \bar{m}; k \neq e; \\ H_{ke} &= \{j / X_{kj} > X_{ej}\}, k, e = 1, \bar{m}; k \neq e; \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

а наиболее согласованным (наилучшим) упорядочением будет являться m_o , для которого величина β_q – наибольшая. При этом надо иметь в виду, что наиболее согласованное упорядочение тождественно ряду предпочтительности вариантов.

Исходные данные для определения ряда предпочтительности вариантов технических решений представлены в таблице 4.

Предпочтительность вариантов анализировалась на основе энтропии, для чего, преобразуя исходную матрицу (P) в расчетную (\bar{P}), были определены уровни энтропии (E_j), уровни изменчивости (d_j) и абсолютные весомости показателей (q_j) по зависимостям –

$$\bar{P}_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^m X_{ij}; E_j = k \cdot \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, j = 1, \bar{n}; \quad (14)$$

$$d_j = 1 - E_j, j = 1, \bar{n}; q_j = d_j : \left(\sum_{j=1}^n d_j \right), j = 1, \bar{n}.$$

Полученные критерии средневзвешенного успеха принимаемого решения позволяют расположить варианты по предпочтительности следующим образом: $a_3 > a_6 > a_2$, т.е. a_3 «не хуже чем a_6 » и т.д.

Не менее существен и вопрос направленного улучшения выбранных (из всех конкурентоспособных) вариантов свайных фундаментов, которое базируется на общей функции полезности, учитывающей как независимость по предпочтительности (НПР), так и независимость по полезности (НПО).

Проверка выполнения условий НПР и НПО проводилась для всех пар переменных, позволила получить эквивалентные пары многомерных альтернатив, а учитывая, что общая функция полезности должна иметь мультипликативную форму вида

$$u(x_i) = \frac{1}{k} \prod_{i=1,4} [1 + k_i \cdot k \cdot u_i(x_i)] - 1; \sum_{i=1}^4 k_i \neq 1, \quad (15)$$

показала, что лучшим технологическим вариантом является вариант a_3 .

Рассмотрим конкурентоспособность буронабивной сваи из бетона на напрягающем цементе с раскаткой скважины, если на стройплощадке удастся довести трудозатраты до трудозатрат, характерных для буринъекционной сваи из тяжелого бетона [6, 7].

Для этого были определены локальные значения общей функции полезности для измененного вектора значений показателей. Расчеты показали, что даже при значительном снижении трудозатрат вариант a_4 еще не будет конкурентоспособным с вариантом a_6 . Для повыше-

ния конкурентоспособности, очевидно, кроме снижения трудозатрат, нужно значительно повысить уровень технологичности.

Заключение

1. Так как эффективность проектного решения по свайным фундаментам определяется стоимостными, временными, ресурсными и эксплуатационными показателями, т.е. очень большой группой возможных альтернатив, то для выбора оптимального ресурсосберегающего организационно-технологического варианта свайного фундамента целесообразно использовать предложенную многокритериальную оценку, базирующуюся на многофакторном моделировании.
2. Задачу оптимизации необходимо решать на базе «наибольшей предпочтительности» с выбором проектного решения на любом уровне: очень осторожном, среднечисленном, рисковом и с использованием самых современных математических методов (вероятностных, игровых, смешанных, стратегических).
3. Для сложных инженерно-геологических условий западного региона республики наиболее эффективными и технологичными являются следующие проектные решения по устройству свайных фундаментов из буронабивных свай:

- предварительное уплотнение грунтов интенсивными ударными нагрузками;
 - боковое обогащение грунтов за счет бокового распора стволом сваи, изготовленной из бетона на напрягающем цементе.
4. Такое проектное решение позволяет увеличить несущую способность фундаментов на 25–30% в сравнении с фундаментами из забивных призматических свай.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шведовский, П.В. Выбор оптимальных решений в строительстве / А.Т. Мальцев, Л.К. Вайнгарт, Н.И. Мальцева // ЦНИИЭП-сельстрой. – М.: Ярославль, 1990. – 309 с.
2. Кречин, А.С. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках / П.В. Шведовский, В.П. Чернюк. – Кишинев: Картя Молдовеныяскэ, 1990. – 245 с.
3. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов // НИИпроект. – М.: Стройиздат, 1996. – 84 с.
4. Ермашов, В.П. Буропрессваи: несущая способность и целесообразность применения в Беларуси / Т.Н. Василевский, В.И. Новик // Строительная наука и техника. – 2005. – № 2. – С. 56–63.
5. Пойта, П.С. Эффективные конструкции свайных фундаментов в инженерно-геологических условиях Беларуси / П.В. Шведовский // Вестник БрГТУ. – № 1: Строительство и архитектура. – 2008. – С. 24–25.

6. Пойта, П.С. Эффективные типы фундаментов на уплотненных грунтовых основания / П.В. Шведовский, А.Н. Невейков // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунауч. научн.-метод. семинара: в 2-х т. / Под общ. ред. Д.П. Лозовского, А.А. Хотько. Новополоцк, ПГУ, 27–28 ноября 2008 г. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т. 2. – С. 184–190.
7. Мамонов, В.М. Несущая способность буронабивных свай, изготовленных из бетонов различного состава / А.М. Дзагов, П.В. Ермошкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М., 1989. – № 1. – С. 11–14.
8. Григорян, А.А. Экспериментальные исследования распределения напряжений в буронабивных сваях значительных размеров / И.И. Хабибуллин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М., 1989. – № 3. – С. 18–21.

Материал поступил в редакцию 15.04.11

SHVEDOVSKIY P.V., POYTA P.S., DRONEVICH A.Yu. The features have a lot of criterion of an estimation of the constructive-technological decisions at a choice of design variant of piles of the bases

In clause the problems of a choice of the optimum constructive and organization-technological decisions of piles of the bases in complex engineer-geological conditions are considered.

The analysis of an opportunity of use a lot of factor of modeling on base "of the greatest preferability" is executed. Thus the choice of optimum variant of piles of the base is carried out on the basis of general function of utility which is taking into account as independence on preferability, and independence on utility. The comparison of six competitive variants of piles of the bases for engineer-geological conditions of a building site most typical for the Brest region, has shown, that optimum variant is the base from boreprinted of piles from concrete on straining cement with preliminary condensation a ground heavy to ram.

УДК 699.871

Лукьяненко А.В.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА ПАРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ ИГЛОПРОБИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. В настоящее время выполнены довольно обширные исследования по математическому описанию волокнистых и пористых материалов в области фильтрации аэрозолей и твёрдых частиц, рассеянных в газах или жидкостях. Однако единая математическая модель, описывающая процесс паропроницания сквозь пористые волокнистые структуры, отсутствует, и все расчёты паропроницания сводятся к лабораторным испытаниям образцов и составлению таблиц результатов.

При устройстве кровли широко используют различные утеплители, зачастую представляющие собой волокнистые маты из стекловолокна или минеральной ваты. Такие материалы обладают хорошей теплоизоляцией, но вместе с тем и большой сорбционной способностью, и, впитывая влагу, быстро теряют свои теплоизоляционные свойства.

Обеспечение пароизоляции утеплителя от насыщения парами воды изнутри помещения и надёжной защиты его от проникновения влаги из внешней среды гарантирует надёжную гидроизоляцию утеплителя. При этом внешняя влагозащита должна быть паропроницаемой, обеспечивающей испарение водяных паров из утеплителя в атмосферу.

Паропроницаемые материалы должны обладать тремя основными свойствами:

- высокая паропроницаемость;
- водоупорность и гигроскопичность;
- механическая прочность.

Чаще всего они представляют собой тонкие полотна, имеющие волокнистую или микропористую структуру, позволяющую пропускать пар и задерживать воду. Высокая водоупорность таких полотен создаёт условия для эффективного применения их и в качестве подкровельных материалов, главным образом, в конструкциях скатных крыш.

Учитывая их внутреннюю структуру, можно выделить несколько закономерностей:

- при увеличении паропроницаемости структура материала становится более пористой, что влечёт за собой ухудшение прочностных характеристик и наоборот;
- для увеличения водоупорности необходимо обеспечить наиболее мелкую структуру внутренних пор материала, что ведёт к снижению паропроницаемости.

При производстве паропроницаемых полотен часто встаёт проблема подбора оптимального соотношения паропроницаемости, прочности и водоупорности. Это можно решить либо эксперимен-

тальным путем, изготавливая десятки образцов с разными параметрами производства, либо теоретическим – используя математические выкладки, сильно сократить время и затраты на лабораторные исследования и изготовление пробных образцов.

Основные положения модели. Теоретический способ подбора оптимальных характеристик в зависимости от параметров производства характеризуется построением математической модели паропроницаемого полотна на основе заводских параметров изготовления, которые варьируются в зависимости от требований заказчика.

Для примера возьмем типовое нетканое иглопробивное полотно (рис. 1), полученное фильерным методом прядения из расплава. Тонкие непрерывные полимерные волокна толщиной $a=10$ мкм скреплены между собой иглопробивкой, что усиливает прочность нетканого материала и обеспечивает возможность образования микропор большого размера, диаметр которых зависит от радиуса игл. Это значительно влияет на увеличение проницаемости. Материал бывает различной поверхностной плотности толщины.

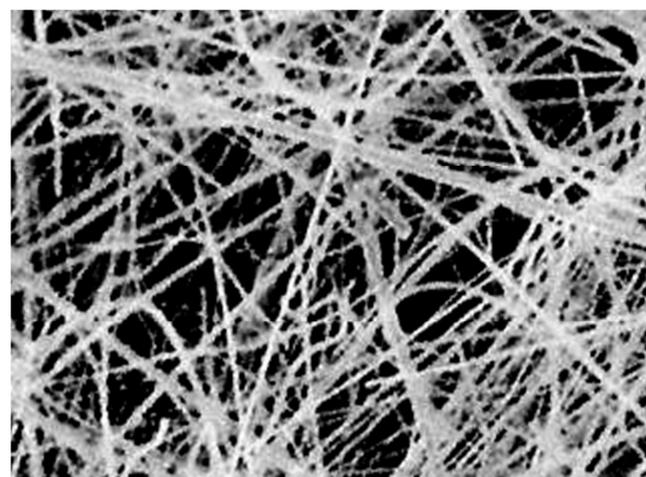


Рис. 1. Структура иглопробивного нетканого полотна (увеличение в 200 раз)

Лукьяненко А.В., ассистент кафедры архитектурного проектирования и рисунка Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура