

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА CONSTRUCTIONS AND ARCHITECTURE

**Федосенко В. Б., Григорьев Я. Ю., Григорьева А. Л.**  
**V.B. Fedosenko, J. Yu. Grigoriev, A.L. Grigorieva**

### ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

### “WINTER TECHNOLOGY” IN CIVIL ENGINEERING: IMPROVING CONSTRUCTION KNOW-HOW IN THE KHABAROVSK REGION



**Федосенко Валерий Борисович** – академик Петровской академии наук и искусств, кандидат технических наук, профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

**Mr. V.B. Fedosenko**, Fellow of Peter’s Academy of Arts and Sciences, PhD in Engineering, Prof. (Komsomolsk-on-Amur State Technical University), Russia, Komsomolsk-on-Amur.



**Григорьев Ян Юрьевич** – кандидат физико-математических наук, доцент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

E-mail: [jan198282@mail.ru](mailto:jan198282@mail.ru)

**Mr. J. Yu. Grigoriev**, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor (Komsomolsk-on-Amur State Technical University), Russia, Komsomolsk-on-Amur. E-mail: [jan198282@mail.ru](mailto:jan198282@mail.ru)



**Григорьева Анна Леонидовна** – кандидат физико-математических наук, доцент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

E-mail: [jan198282@mail.ru](mailto:jan198282@mail.ru)

**Mr. A.L. Grigoriev**, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor (Komsomolsk-on-Amur State Technical University), Russia, Komsomolsk-on-Amur. E-mail: [jan198282@mail.ru](mailto:jan198282@mail.ru)

**Аннотация.** Понятие “зимние технологии” обязано своим существованием круглогодичному режиму строительства. Известно, что до революции строительство в России было сезонным и зимой не производилось. В статье предлагается математическая модель, учитывающая факторы, негативно влияющие на СМР при негативных климатических условиях.

**Summary.** The concept of “winter technology” owes its existence to year basis construction. It is known that before the revolution, construction in Russia was seasonal and winter was carried out. On paper we propose a mathematical model that takes into account the factors negatively affecting the Building operations in the negative climatic conditions.

**Ключевые слова:** климатическая область, уравнение регрессии, температурные факторы, ветровые характеристики.

**Keywords:** climatic region, the regression equation, the temperature factors, wind characteristics.

УДК 338.45:69(571.62)

После революции индустриализация страны потребовала интенсификации всего народного хозяйства страны, в том числе и строительства. Отсюда и появилась необходимость введения круглогодичного режима строительства.

Всесезонность строительства вызвала необходимость в разработке дополнительных мероприятий, необходимых для компенсации агрессивности климатических факторов с целью обеспечения требований, предъявляемых к технологическим процессам.

Сущность этих мероприятий заключается в привлечении дополнительных ресурсов (материальных, энергетических, трудовых и т.д.), которое неизбежно приведет к удорожанию строительства.

Выполнение СМР в зимних (экстремальных) климатических условиях сопровождается снижением уровня производительности труда, этот факт общеизвестен.

Современная практика учета агрессивности климатических факторов в зимнее время на нормативном уровне основана на разбиении территории страны на 8 климатических зон, для каждой из которых определен удельный вес зимнего периода в году в процентном отношении. Это приводит к значительным расхождениям в ряде пунктов каждой зоны, которые вызваны геоморфологическими характеристиками местности (формой рельефа, высотой над уровнем моря и т.д.).

Таким образом, сложившаяся практика не позволяет точно определить объемы дополнительных ресурсов, необходимых для производства работ в зимнее время, и размерность снижения уровня производительности труда.

На основании анализа сложившейся теории и практики учета агрессивности климатических факторов гипотетически полагаем, что для обеспечения объективности ценообразования, планирования и организационно-технологического проектирования необходимо решить следующие задачи:

- на основе ретроспективного анализа построить временные ряды прогнозируемых уровней производительности труда для каждой группы работ, объединяющих в своем составе технологические процессы, имеющие схожие свойства и ограничения при производстве в зимнее время в пределах специализации рассматриваемой организации на годовой период;
- осуществить подбор оптимальных вариантов выполнения всех технологических процессов среди множества возможных, основанных на критерии минимизации стоимости выполняемых работ;
- оптимизировать топологию календарной сети с целью передислокации работ в положение на календарной линейке и изменения интенсивности работ, соответствующей достижению минимальности затрат всего комплекса работ.

Постановка первой задачи основана на метеорологической изученности всей территории страны, которая различна. Критерием изученности служит глубина исторического периода метеорологических наблюдений, которая, по критериям Госкомгидромета, является изученной (полной), если она составляет [1]:

- температура воздуха – 30 – 50 лет;
- температура почвы – не менее 10 лет;
- максимальная глубина промерзания почвы – 25 – 30 лет;
- расчетная толщина стенки гололеда – 25 – 30 лет;
- расчетная ветровая нагрузка – не менее 20 лет.

Если отсутствует или не соответствует приведенным критериям хотя бы одно из условий, то регион считается недостаточно изученным.

Неизученным считается регион, в котором отсутствует репрезентативный пост, который находится на удалении, позволяющем осуществлять перенос ее данных на территорию стройплощадки.

В последнем случае, на основании [1], выполняется комплекс инженерно-гидрометеорологических изысканий, состав и содержание которых зависят от цели производства изысканий.

С позиций основных положений математической статистики, аппроксимация временных рядов правомочна при наличии четырех и более рядов.

Основная часть климатических факторов – температура, ветровые характеристики, влажность, атмосферное давление и т.п. – образуют непрерывно дифференцируемые временные ряды, образующие систему, называемую погодой.

Наряду с климатическими факторами, образующими непрерывные ряды, в природе имеют место атмосферные явления, например, гроза, дождь, снегопад, метель, поземка, изморозь и т. п. Закономерность возникновения таких явлений описывается кусочно-непрерывными функциями и носит сложный многофакторный характер.

Исследования непрерывных временных рядов температуры, силы ветра, влажности и других климатических факторов позволили установить линии трендов и аппроксимировать их полиномиальными выражениями с коэффициентом корреляции, близким к 1, в то время, как попытки аппроксимировать линии трендов линейной, показательной и степенной зависимостями оказались неправомочными [2].

Несмотря на сложность прогнозирования атмосферных явлений, необходимость прогноза актуальна, так как некоторые из атмосферных явлений, например осадки более 5 мм в сутки, приводят к полной остановке производства СМР под открытым небом.

Учет таких явлений возможен посредством стохастического анализа их частотности.

Безусловное решение этой проблемы возможно при наличии доброкачественного метеорологического прогноза.

Оптимальный выбор технологических процессов основан на исследовании чувствительности технологических процессов к агрессивности климатических факторов.

Выбор основан на определении границ между летней и зимней областями в n-мерном пространстве числовых полей климатических факторов, чувствительность к агрессивности которых для данных технологических процессов максимальна. Так же определяется граница, за пределами которой выполнение рассматриваемого технологического процесса невозможно.

В качестве критериев такого анализа необходимо использовать ограничения, приведенные в нормативных источниках (СНиПы, СН, СП и т.д.).

Если в нормативных источниках отсутствуют те или иные критерии, то они должны быть определены на основании экспериментальных или теоретических исследований.

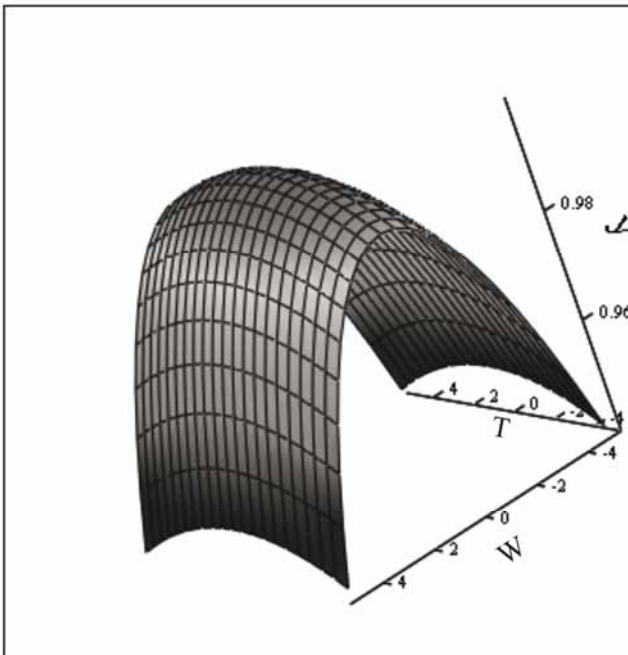


Рис. 1. Поверхность, описывающая зависимость коэффициента производительности СМР от климатических параметров (температуры и скорости ветра)

В настоящих исследованиях доказано, что в климатических условиях Хабаровского края наибольшую агрессивность к основным общестроительным технологическим процессам проявляют экстремальные значения отрицательных температур и скорости ветра [2].

На рис. 1 показана поверхность, описывающая регрессионную зависимость коэффициента производительности СМР ( $Y$ ) от климатических параметров ( $T$  – температура,  $W$  – скорость ветра). Данная зависимость описывается уравнением вида

$$Y = 0,9988 - 0,0003T^2 - 0,002W^2. \quad (1)$$

Уравнение поверхности (1) указывает на области допустимой работы при определенных климатических условиях.

На рис. 2 выделены три области, первая из которых соответствует нормальным климатическим условиям, в которых технологический процесс выполняется без дополнительных мероприятий. Вторая область, градуированная по оттенкам серого, соответствует климатическим условиям, при которых необходимо выполнять дополнительные мероприятия, причем, объем и стоимость этих мероприятий увеличивается по мере продвижения к границе возможности выполнения технологического процесса (на рисунке – по мере затемнения раstra). За пределами этой границы выполнение рассматриваемого технологического процесса невозможно и запрещено на нормативном уровне.

В регрессионном анализе область, в которой выполнение технологического процесса происходит в обычном режиме, описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} W \geq 0, \\ 0,9988 - 0,0021 \cdot W^2 - 0,0003 \cdot T^2 - C \leq 0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $C$  – критическое значение температуры, утвержденное стандартом.

Область, в которой выполнение технологического процесса требует разработки дополнительных мероприятий, описывается системой вида:

$$\begin{cases} W \geq 0, \\ 0,9988 - 0,0021 \cdot W^2 - 0,0003 \cdot T^2 - C \geq 0, \\ 0,9988 - 0,0021 \cdot W^2 - 0,0003 \cdot T^2 - C1 \geq 0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $C1$  – значение параметра  $T$ , при котором выполнение технологического процесса невозможно при любых дополнительных условиях.

Математическая модель, состоящая из уравнений (1), (2) и (3), описывает технологический процесс с учетом климатических областей, как требующих дополнительных мероприятий, так и происходящих в идеальных условиях.

Выполненный анализ технологий по данной методике обогащает технологию строительного производства и предъявляет дополнительные требования системного характера к содержанию нормативных источников, регламентирующих строительную технологию.

Постановка и решение задачи, требующей дополнительных мероприятий, основаны на минимизации стоимости строи-

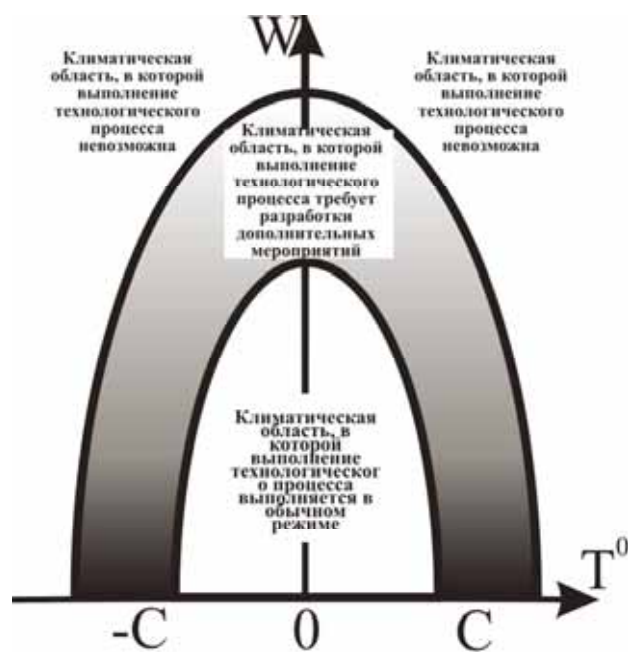


Рис. 2. Градация климатических областей



тельства путем изменения топологии календарной сети с одновременной оптимизацией продолжительности выполнения отдельных работ.

Решение этой задачи состоит из двух параллельных этапов.

Первый заключается в определении удорожания стоимости выполнения работ за счет возрастания агрессивности климатических факторов по мере передислокации работ с календарного промежутка времени с относительной низкой агрессивностью климатических факторов в период с более высокой. То есть на этом этапе определяется непосредственно “зимнее удорожание”, сущность которого можно сформулировать следующим образом – *зимнее удорожание выражается увеличением стоимости выполняемых работ в неблагоприятный (зимний) период и численно равно стоимости дополнительных мероприятий, необходимых для компенсации агрессивности климатических факторов в условиях данного строительства, и компенсации снижения уровня производительности труда путем увеличения фонда заработной платы.*

*С позиций экономики зимнее удорожание и будет объективно установленной платой за производство СМР в экстремальных климатических условиях.*

Снижение уровня производительности труда неизбежно при производстве СМР в экстремальных климатических условиях. Этот факт общеизвестен и объясняется физиологическими возможностями человека, которые снижаются в суровых климатических условиях, и как следствие – падает уровень производительности труда. Учет такого снижения и будет составляющей второго этапа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, А. А. Индустриальные методы облицовки фасадов зданий при их утеплении / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев, П. В. Монастырев // Промышленное и гражданское строительство – 1997. – № 6.
2. Федосенко? В. Б. Особенности ценообразования объектов недвижимости в строительном комплексе Дальнего Востока и Крайнего Севера / В. Б. Федосенко // Недвижимость: экономика, управление. – 2004. – № 7-8.
3. СП 11-103-97. Свод правил. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства / Госстрой РФ. – Введ. в действие с 15 авг. 1997. – М., 1997.