

Наиболее важные факторы, влияющие на инновационную деятельность строительных предприятий, можно разделить на три группы.

Первая группа факторов – характеристики инноваций, среди которых можно выделить:

1. Эффективность – относительные преимущества самого нововведения;
2. Радикальность – новизна внедряемой инновации негативно влияет на адаптацию предприятия, позитивно на конкурентные преимущества строительного предприятия;
3. Совместимость – степень соответствия инновации техническому уровню предприятия;
4. Уровень риска – неотъемлемая черта инновационной деятельности ввиду сложности прогнозирования развития процесса взаимоприспособления инновации и строительного предприятия.
5. Сложность – технологичность нововведения, выражающая степень сложности внедрения инновации на строительном предприятии.
6. Цикличность протекания инновационных процессов. Предприятию, внедряющему новую технологию в производство, необходимо уже на этом этапе планировать последующие нововведения.
7. Уровень цен на новые технологии на мировом рынке.
8. Соответствие новой продукции строительным стандартам. Если предприятие выходит на рынок с новой продукцией, а она не соответствует отраслевым стандартам, то это сильно ограничивает применение ее в качестве комплектующего.
9. Высокий эстетический уровень. При осуществлении строительства, особенно жилищного, необходимо учитывать такой фактор, как мода.
10. Высокое качество новой продукции. Строительному предприятию для успешной конкурентной борьбы даже на внутреннем рынке, необходимо постоянно повышать качество продукции.
11. Величина расходов на научные исследования. В данный момент строительные предприятия Республики Беларусь не обладают достаточными материальными ресурсами для проведения собственных крупных научно-исследовательских программ. В этой ситуации необходимо целевое финансирование таких программ государством, а также международный трансфер технологий, который позволяет предприятию, используя собственные ресурсы, достичь мирового уровня строительства.
12. Скорость освоения новой технологии. В настоящее время предприятия строительной отрасли недостаточно оперативно переходят на новый технологический уровень. Это уменьшает величину получаемой ими прибыли, так как не все строительные предприятия могут на равных конкурировать с западными компаниями при проведении тендеров на строительство.
13. Одним из главных факторов, определяющим эффективность инновационной деятельности, является цена на новую продукцию строительного производства. Спрос на новую продукцию строительного предприятия ограничен

уровнем цен, сложившимся в регионе. В силу специфики строительного производства (потребители и строители обычно находятся в одном регионе) предприятию трудно выйти на внешний рынок, где уровень цен выше.

Специфика влияния этой группы факторов состоит в том, что сложно прогнозировать параметры инновации и как она поведет себя на конкретном строительном предприятии. Это обусловлено неопределенностью, неполнотой информации как о величине положительного эффекта, так и возможных сферах его применения.

Вторая группа факторов связана с характеристикой предприятия-реципиента инновации (инновационного потенциала).

Третья группа факторов, влияющих на инновационную деятельность строительных предприятий, характеризует внешнюю среду функционирования предприятия. Факторы можно разделить на три подгруппы:

- а) информационное обеспечение инновационного процесса;
- б) финансовое обеспечение инновационного процесса;
- в) техническое обеспечение инновационной деятельности.

При исследовании инновационной деятельности в строительной отрасли необходимо разграничивать три методологические проблемы:

а) проблемы инновационной деятельности в условиях рыночной экономики, связанные с возрастанием неопределенности и динамизма экономической среды функционирования строительных предприятий и необходимостью повышения их гибкости, приспособляемости, в том числе, инновационного потенциала;

б) проблемы инновационной деятельности экономики Республики Беларусь, обусловленные переходом от административно-командных к рыночным методам управления;

в) проблемы инновационной деятельности в строительной отрасли, в связи со спецификой строительного производства (комплексный характер строительного производства, длительность инновационного цикла и т.д.).

Основным методологическим инструментом при этом может послужить положение о том, что причиной сложившейся технологической отставания строительного комплекса РБ явились объективные противоречия инновационного процесса, характерные для строительства, которые усугублялись действовавшей системой управления экономикой.

Противоречия инновационного процесса обусловлены его интегрирующим характером, увязывающим прохождение новшества от научной идеи до конечного использования в строительном производстве.

Процессы научного, технического и производственного развития осуществляются самостоятельно и относительно независимо друг от друга, между ними объективно существуют противоречия.

О наличии противоречия между научным и техническим развитием свидетельствует тот факт, что не все научные разработки получают воплощение в новых технических средствах.

Необходимость учета этих противоречий требует такого управления инновационным процессом, которое обеспечивало бы максимальную скорость распространения (трансфера) нововведения к моменту вступления его в фазу зрелости.

УДК 693.5/547.3

**Бобко Ф.А.**

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

За расчетную величину теплового энергетического потенциала технологического процесса принято его средневзвешенное значение в пределах выборки  $P_s \Leftrightarrow t_s$ . Отклоне-

ние величины этого значения по отношению к величине каждого  $\Sigma Q_i$  не превосходит точности эксперимента (в нашем

*Бобко Фадей Александрович, профессор каф. менеджмента Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

**Таблица 1.** Пределы существования теплового энергетического потенциала процесса возведения армированных конструкций при расходе арматурной стали  $P_s = 50... 300 \text{ кг/м}^3$

| $t_5$              | $M_n = 3 \text{ м}^{-1}$ |                    | $M_n = 4 \text{ м}^{-1}$ |                    | $M_n = 5 \text{ м}^{-1}$ |                    | $M_n = 6 \text{ м}^{-1}$ |                    |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
|                    | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  |
| $^{\circ}\text{C}$ | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> |
| -25                | 81,795                   | 133,431            | 81,198                   | 144,663            | 80,526                   | 144,51             | 79,868                   | 148,902            |
| -20                | 74,728                   | 123,497            | 74,246                   | 131,675            | 73,701                   | 135,922            | 73,089                   | 136,463            |
| -15                | 67,661                   | 110,778            | 67,293                   | 119,904            | 66,877                   | 120,896            | 66,409                   | 123,554            |
| -10                | 60,594                   | 96,85              | 60,34                    | 104,778            | 60,054                   | 107,217            | 59,731                   | 107,503            |
| -5                 | 53,526                   | 76,211             | 53,338                   | 83,125             | 53,231                   | 84,348             | 53,053                   | 86,191             |
| -1                 | 47,869                   | 51,799             | 47,817                   | 55,336             | 47,758                   | 55,53              | 47,711                   | 55,411             |

**Таблица 1 (продолжение).** Пределы существования теплового энергетического потенциала процесса возведения армированных конструкций при расходе арматурной стали  $P_s = 50... 300 \text{ кг/м}^3$

| $t_5$              | $M_n = 7 \text{ м}^{-1}$ |                    | $M_n = 8 \text{ м}^{-1}$ |                    | $M_n = 9 \text{ м}^{-1}$ |                    |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
|                    | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  | $\Sigma Q_{н.в.}$        | $\Sigma Q_{в.д.}$  |
| $^{\circ}\text{C}$ | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> | МДж/м <sup>3</sup>       | МДж/м <sup>3</sup> |
| -25                | 78,916                   | 149,5              | 77,958                   | 150,062            | 76,883                   | 148,886            |
| -20                | 72,399                   | 137,967            | 71,624                   | 138,403            | 70,752                   | 138,191            |
| -15                | 65,883                   | 123,148            | 65,29                    | 124,623            | 64,624                   | 123,705            |
| -10                | 59,367                   | 107,76             | 58,958                   | 107,08             | 58,496                   | 107,25             |
| -5                 | 52,852                   | 86,313             | 52,626                   | 85,831             | 52,37                    | 85,288             |
| -1                 | 47,64                    | 55,276             | 47,56                    | 55,119             | 47,468                   | 54,939             |

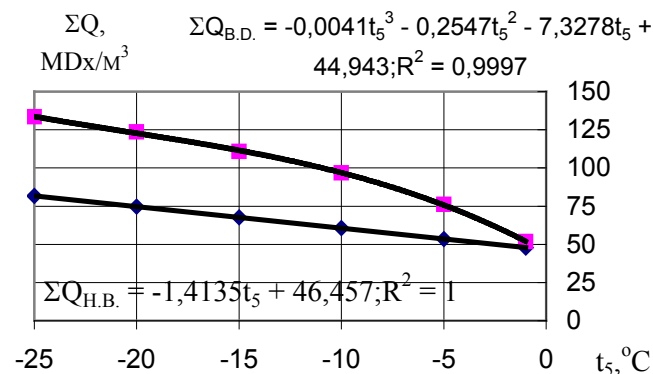
случае она составляет  $\leq 5\%$ ). Рассматривается существование теплового энергетического потенциала в *нижнем возможном пределе* ( $\Sigma Q_{н.в.}$ ) изменения его величины — при  $t_6 \leq 1^{\circ}\text{C}$  и *верхнем допустимом пределе* ( $\Sigma Q_{в.д.}$ ) изменения его величины — при  $2 \leq t_6 \leq 20^{\circ}\text{C}$ , а также изменение интегральной величины теплового энергетического потенциала  $\int_{-1}^{-25} \Sigma Q = F(t_5)$  и его стоимости с изменением температуры наружного воздуха.

Описание закономерности изменения величины энергии в указанных пределах существования теплового энергетического потенциала процесса набора критической прочности бетона в представленной работе базируется на методах корреляционного и регрессионного анализа [1, 2, 3, 4] экспериментальных и расчетных данных параметров организационно-технологических режимов зимнего бетонирования (см. табл. 1 и 2; рис. 1...7).

Установление пределов изменения интегральной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса, изменяющегося под влиянием температуры наружного воздуха, осуществлено с помощью интегрирования функции  $\Sigma Q = F(t_5)$ , в явном виде описывающей закономерности изменения его величины в *нижнем возможном* и *верхнем допустимом* пределах его существования. Исследования осуществлены и в настоящем разделе представлены результаты на технологиях возведения бетонных и железобетонных конструкций с массивностью  $M_n = 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 \text{ м}^{-1}$  и расходом арматуры  $50...300 \text{ кг/м}^3$  (см. табл. 1 и 2; рис. 1...7).

Интегрирование по кривой скалярной функции позволяет установить суммарную величину теплового энергетического потенциала процесса отдельно по его нижнему и верхнему пределам и оперативно прогнозировать потребность и изменение стоимости требуемого, при планировании, или фактически использованного количества тепла в процессе производства.

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40%R28 на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 3 \text{ м}^{-1}$ , при  $-1 \geq t_5 \geq -10^{\circ}\text{C}$  составляет: при верхнем допустимом пределе изменения теплового энергетического потенциала 192,4 кВт.час или 7,63 \$; при нижнем возможном – 135,6 кВт.час или 5,37 \$ и с учетом стоимости 1 кВт-часа энергии 86 рублей и стоимости доллара 2160 белорусских рублей/доллар США. (см. табл. 1 и рис. 1).



**Рис. 1.** Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 3 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

Закономерность изменения величины теплового энергетического потенциала технологического процесса носит линейный характер в нижнем возможном пределе его существования и криволинейный, описываемый многочленом третьей степени, — в верхнем допустимом пределе существования функции.

Количество тепловой энергии, требуемой для набора прочности бетона 40%R28 на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 4 \text{ м}^{-1}$ , составляет: в верхнем допустимом пределе использования теплового энергетического потенциала 209,3 кВт.час,

стоимость которой равняется 8,30 \$; при нижнем возможном – 135,2 кВт.час или 5,36 \$ (см. табл. 1 и рис. 2).

$\Sigma Q, MDx/M^3$

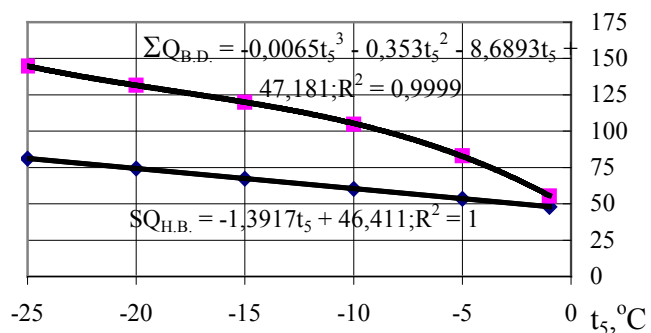


Рис. 2. Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 4 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40% $R_{28}$  на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 5 \text{ м}^{-1}$ , составляет: при верхнем допустимом пределе использования теплового энергетического потенциала 211.7 кВт.час или 8,39 \$; при нижнем возможном – 134.8 кВт.час или 5,34 \$ (см. табл. 1 и рис. 3).

$$\Sigma Q, MDx/M^3 \quad \Sigma Q_{B,D} = -0,0051t_5^3 - 0,3141t_5^2 - 8,571t_5 + 47,738; R^2 = 0,9985$$

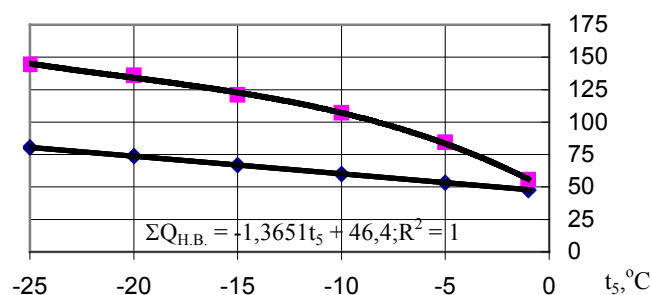


Рис. 3. Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 5 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

Анализ закономерности изменения стоимости интегральной величины теплового энергетического потенциала возведения монолитных армированных конструкций с  $M_n = 3, 4, 5 \text{ м}^{-1}$ , подтверждает отсутствие существенной зависимости величины энергетического потенциала от изменения величины модуля поверхности конструкции, возводимой в утепленной опалубке, и правильность гипотезы о его постоянстве.

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40% $R_{28}$  на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 6 \text{ м}^{-1}$  составляет: при верхнем допустимом пределе существования теплового энергетического потенциала 214.7 кВт.час или 8,51 \$; при нижнем возможном – 134,3 кВт.час или 5,32 \$ (см. табл. 1 и рис. 4).

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40% $R_{28}$  на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 7 \text{ м}^{-1}$ , составляет: при верхнем допустимом пределе использования теплового

энергетического потенциала 214.5 кВт.час или 8,50 \$; при нижнем возможном – 133.7 кВт.час или 5,30\$ (см. табл. 1 и рис. 5).

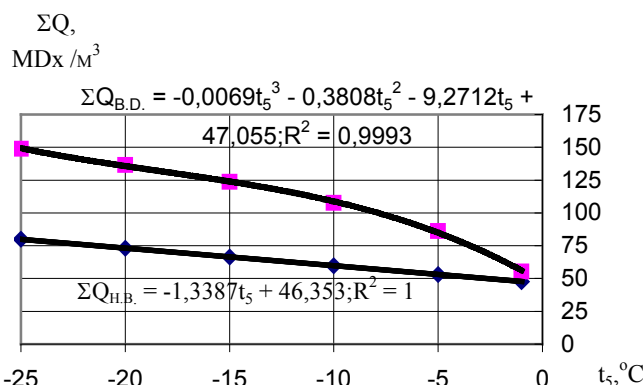


Рис. 4. Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 6 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

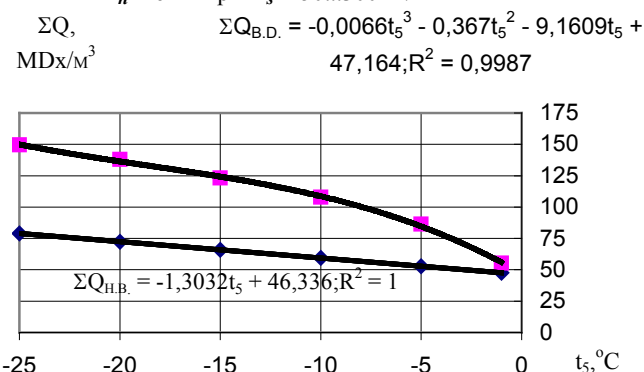


Рис. 5. Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 7 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40% $R_{28}$  на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 8 \text{ м}^{-1}$ , составляет: при верхнем допустимом пределе использования теплового энергетического потенциала 213.4 кВт.час или 8,46 \$; при нижнем возможном – 133.5 кВт.час или 5,29 \$ (см. табл. 1 и рис. 6).

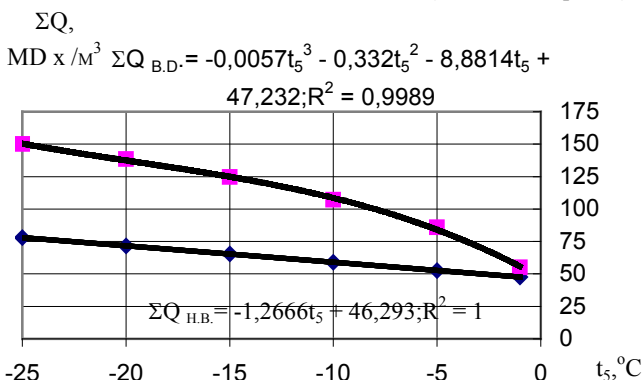
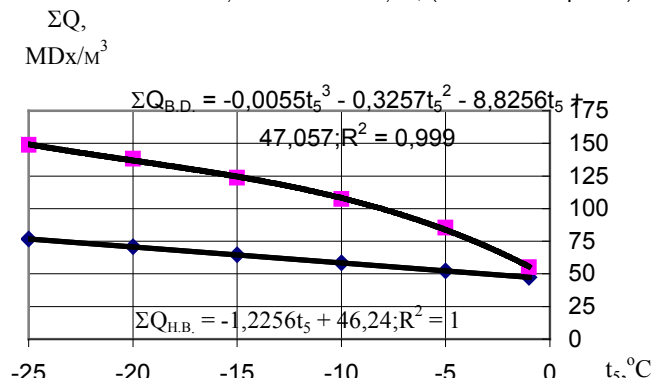


Рис. 6. Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 8 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

**Таблица 2.** Изменение интегральной величины и стоимости теплового энергетического потенциала при изменении массивности армированных конструкций, возводимых в утепленной опалубке

| $M_n$<br>$M^{-1}$ | Тепловой энергетический потенциал      |  | Стоимость энергии                |                                  | Экономия  |   |
|-------------------|--|--|----------------------------------|----------------------------------|---|---|
|                   | кВт. час/м <sup>3</sup>                | кВт. час/м <sup>3</sup>                | \$/м <sup>3</sup>                | \$/м <sup>3</sup>                | Эуе (кВт. час/м <sup>3</sup> )                  | Эук (\$/м <sup>3</sup> )                  |
| $F/V$             | $\int_{-1}^{-10} \Sigma Q_{B.D.} dt_5$ | $\int_{-1}^{-10} \Sigma Q_{H.B.} dt_5$ | $\int_{-1}^{-10} CT_{B.D.} dt_5$ | $\int_{-1}^{-10} CT_{H.B.} dt_5$ | $\Delta \int_{-1}^{-10} \Sigma Q dt_5$<br>1 - 2 | $\Delta \int_{-1}^{-10} CT dt_5$<br>3 - 4 |
| 0                 | 1                                      | 2                                      | 3                                | 4                                | 5   | 6   |
| 3                 | 192.4                                  | 135.6                                  | 7,63                             | 5,37                             | 56.8  | 2.26                                      |
| 4                 | 209.3                                  | 135.2                                  | 8,30                             | 5,36                             | 74.1  | 2,94                                      |
| 5                 | 211.7                                  | 134.8                                  | 8,39                             | 5,34                             | 76.9  | 3,05                                      |
| 6                 | 214.7                                  | 134.3                                  | 8,51                             | 5,32                             | 80.4  | 3,19                                      |
| 7                 | 214.5                                  | 133.7                                  | 8,50                             | 5,30                             | 80.7  | 3,20                                      |
| 8                 | 213.4                                  | 133.5                                  | 8,46                             | 5,29                             | 79.9  | 3,17                                      |
| 9                 | 212.7                                  | 132.5                                  | 8,43                             | 5,25                             | 80.2  | 3,18                                      |

Интегральная величина теплового энергетического потенциала, требуемая для набора прочности бетона 40%R<sub>28</sub> на ПЦ30 в армированных конструкциях с  $M_n = 9 \text{ м}^{-1}$ , составляет: при верхнем допустимом пределе использования теплового энергетического потенциала 212.7 кВт. час или 8,43 \$; при нижнем возможном – 132,5 кВт. час или 5,25\$ (см. табл. 1 и рис. 7).



**Рис. 7.** Графо-аналитическая модель, описывающая закономерности изменения расчетной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения армированных конструкций с  $M_n = 9 \text{ м}^{-1}$  при  $P_s = 50...300 \text{ кг/м}^3$

Анализ закономерности изменения стоимости интегральной величины теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения монолитных армированных конструкций с  $M_n = 3,4,5,6,7,8,9 \text{ м}^{-1}$ , подтверждает отсутствие существенной зависимости величины теплового энергетического потенциала от изменения величины массивности конструкции, возводимой в зимнее время в утепленной опалубке, и правильность выводов о постоянстве величины теплового энергетического потенциала при изменяющейся величине  $M_n$ .

Установлена интегральная величина теплового энергетического потенциала технологического процесса возведения монолитных армированных конструкций с  $M_n = 3,4,5,6,7,8,9 \text{ м}^{-1}$  и расходом арматуры 50...300 кг/м<sup>3</sup>, при  $-1 \geq t_5 \geq -10 \text{ }^\circ\text{C}$  и ее стоимость в верхнем допустимом и нижнем возможном пределах существования функции (см табл.2).

Отмечены тенденции роста интегральной величины теплового энергетического потенциала в верхнем допустимом пределе существования функции в технологиях возведения конструкций с утепленными опалубками до величины модуля поверхности  $M_n = 3,4,5,6 \text{ м}^{-1}$  и снижения при  $M_n = 6 \text{ м}^{-1}$ . В нижнем возможном пределе отмечена тенденция снижения величины теплового энергетического потенциала.

Независимо от массивности конструкции закономерность изменения величины теплового энергетического потенциала технологического процесса носит линейный характер в нижнем возможном пределе его существования и криволинейный,

описываемый многочленом третьей степени, — в верхнем допустимом пределе существования функции.

Интегрирование по кривой от скалярной функции (см. рис. 1...7) позволяет установить суммарную величину теплового энергетического потенциала технологического процесса по его нижнему и верхнему пределам существования и оперативно управлять величиной стоимости требуемого для проектирования энергосберегающих технологий или фактически израсходованного в процессе производства количества тепловой энергии.

Удельная экономическая эффективность возведения монолитных армированных конструкций с  $3 \leq M_n \leq 9 \text{ м}^{-1}$  в утепленной опалубке увеличивается в пределах  $M_n = 3...7 \text{ м}^{-1}$  и с дальнейшей тенденцией к снижению. Математическая модель изменения ее величины в рассматриваемых пределах изменения массивности представлена уравнением третьей степени  $Эук = 0,015M_n^3 - 0,3213M_n^2 + 2,2511M_n - 1,9755$  (1)  $R^2 = 0,9772$

Закономерность изменения удельной энергетической эффективности аналогичен, а математическая модель изменения взаимосвязи ее параметров

$$Эуе = 0,3833M_n^3 - 8,2024M_n^2 + 57,402M_n - 51,148 \quad (2) \quad R^2 = 0,9772$$

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Бобко Ф.А.: Заданная величина энергетического потенциала строительных процессов. Сборник научных трудов под редакцией д.т.н. профессора Н.П. Блещика на тему «Эффективные строительные материалы, конструкции и технологии». Международная научно-практическая конференция 20-21 декабря 2000 г. Минск. – С. 486-493.
2. Бобко И.Ф. Бобко Ф.А. Моделирование однофакторных взаимосвязей теплопроводности высокоэффективных утеплителей. Сборник трудов VII Международного научно-методического семинара. Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров республики Беларусь. Брест 2001 г. – С. 223-228.
3. Бобко И.Ф. Бобко Ф.А. Моделирование двухфакторной взаимосвязи изменения величины коэффициента теплопроводности материала теплового ограждения. Сборник трудов VII Международного научно-методического семинара. Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров республики Беларусь. Брест 2001 г. – С. 228-232.
4. Бобко И.Ф., Бобко Ф.А. Построение дерева целей алгоритма выбора энергосберегающих теплозащитных ограждений по организационно технологическим параметрам. Сборник трудов VIII Международного научно-практического семинара «Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительства зданий и сооружений, подготовки инженерных кадров для строительной отрасли». Минск 2001г. – С. 198-203.