УДК 625.768.5.08

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ НЕПОЛНОБЛОЧНЫХ ПЛАНОВ (ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ)

Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Мерданов Ш.М., Плохов А.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: tts@tsogu.ru

В статье рассмотрены выбор и обоснование факторов методом неполноблочных планов (экспертные оценки). Факторы, влияющие на уплотнение снежной массы, были сформированы в виде анкеты для опроса экспертов (Н.Н. Карнаухов, Ш.М. Мерданов, А.А. Серебренников, Г.Г. Закирзаков, А.В. Шаруха, А.Л. Егоров, В.В. Конев, А.В. Яркин). Восемь экспертов оценивали влияние шести факторов на уплотнение снежной массы по 14-балльной системе, причем каждый эксперт имел возможность оценить качество трех факторов, а каждый параметр оценивали 4 эксперта. Целью экспертной оценки являлось определение факторов наилучшего воздействия на уплотнение снежной массы (фактор большего влияния оценивается большим числом баллов) и установление значимых различий между разными параметрами. При проведении экспертного заключения были выявлены параметры среди рассматриваемых факторов, влияющих на уплотнение снежной массы, а именно частота, амплитуда вибрационного уплотняющего воздействия, масса и количество проходов гидрошинного катка.

Ключевые слова: гидрошинный каток, вибрация, количество проходов, временная зимняя дорога, экспертная

CHOICE AND JUSTIFICATION OF FACTORS INCOMPLETE BLOCK PLANS (PEER REVIEW) Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Merdanov Sh.M., Plokhov A.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: tts@tsogu.ru

The article describes the selection and justification of factors Incomplete block plans (peer review). Factors affecting the seal of the snow mass, were formed in the form of a questionnaire for the survey of experts: N.N. Karnaukhov, Sh.M. Merdanov, A.A. Serebrennikov, G.G. Zakirzakov, A.V. Sharukha, A.L. Egorov, V.V. Konev, A.V. Yarkin. Eight experts evaluated the effect of six factors on seal snow mass to 14-point system, each expert had an opportunity to assess the quality of the three factors, each parameter evaluated by 4 experts. The purpose of peer review was to determine the factors of influence on the best seal snow mass (factor greater impact is estimated a large number of points) and the establishment of significant differences between the different parameters. During the expert opinion among the options considered factors affecting the seal snow mass have been identified, namely, the frequency, the amplitude of the vibration of the sealing effects, weight and number of passes gidrotires rink.

Keywords: gidrotires rink, vibration, the number of passes, the temporary winter road, peer review

Проблема транспортной доступности в масштабах страны стоит остро, ведь до сих пор более 40 тыс. населенных пунктов не обеспечены круглогодичной связью с дорожной сетью общего пользования по автодорогам с твердым покрытием [1, 5].

Сохраняется низкий уровень развития дорожной сети в аграрных районах, а также в районах Крайнего Севера, Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Чукотском автономном округе и других. Более 10 процентов населения страны весной и осенью остаются полностью отрезанными от транспортных коммуникаций из-за отсутствия в регионах их проживания автомобильных дорог с твердым покрытием.

Усугубляет и без того непростое положение бесконтрольный проезд по дорогам автомобилей, перевозящих тяжеловесные грузы. 70% автомобильных дорог регионального значения построены под нагрузку на ось до 6 тонн. Сейчас появились автомобили, у которых нагрузка на ось десять тонн и более [5, 6].

Из-за плохого состояния дорожного покрытия скорость передвижения грузов в России равна примерно 300 км/сутки, в Европе этот показатель приближается к 1500 км/сутки.

К основным проблемам развития дорожного строительства в России можно причислить:

- Отсутствие необходимой комплексности (единой стратегии) в управлении развитием и функционированием транспортной системы (для различных видов транспорта).
- Несоответствие темпов развития автомобильных дорог тенденциям устойчивой автомобилизации.
- Усиление неравномерности в использовании производственных мощностей действующих инфраструктурных объектов (Логистические аспекты).
- Устойчивые тенденции старения основных фондов в отрасли дорожного строительства и их неэффективное использование.
- Наличие значительных региональных несоответствий в развитии транспортной сети.

- Относительно низкий технологический уровень дорожного строительства.
- Коррупционные аспекты в области организации дорожного строительства.

Дороги подразделяются на бетонные, асфальтобетонные, автозимники. Последние в свою очередь подразделяются по конструктивным признакам на четыре вида: расчищаемые грунтовые, снежно-уплотненные, снеголедовые и ледовые поливные.

Зимние дороги просто жизненно необходимы в Тюменской области, особенно в северной ее части, большую площадь которой занимают болота, мелкие реки и озера, построить через которые мосты просто невозможно.

В зимниках нуждаются не только удаленные поселки, для которых зимняя дорога является в буквальном смысле жизненной артерией, но также и отдаленные месторождения, газо- и нефтепроводы, для которых техническое обслуживание в зимний период просто невозможно без прокладки зимних вдольтрассовых автодорог.

По продолжительности эксплуатации зимние дороги делят на регулярные, возобновляемые каждую зиму в течение ряда лет по одной и той же трассе; временные, используемые в течение одного или двух зимних сезонов; разового пользования, служащие для разового пропуска грузового транспорта. Элементы плана, продольного и поперечного профилей и расчетные скорости движения для зимних дорог разового пользования назначают из условия обеспечения безопасного пропуска грузового транспорта на пределе его технических возможностей.

Зимние дороги могут прокладываться как по суше с пересечением водных преград по кратчайшему расстоянию (ледовые переправы), так и по ледяному покрову рек, озер и морей.

Для успешного строительства автозимних дорог необходимо проводить натурные эксперименты и учитывать все факторы, оказывающие как положительное, так и отрицательное воздействие на уплотнение снежной массы при строительстве временных зимних дорог.

Планирование эксперимента заключается в выборе и обосновании факторов, влияющих на процесс уплотнения снежной массы, при выборе необходимо проанализировать материалы в научных работах ученых. При отборе факторов необходимо учитывать значимость каждого из них. Для выбора и обоснования факторов, влияющих на уплотнение снежной массы при строительстве временных зимних дорог, была сформирована анкета для опроса экс-

пертов. Экспертами были Н.Н. Карнаухов, Ш.М. Мерданов, А.А. Серебренников, Г.Г. Закирзаков, А.В. Шаруха, А.Л. Егоров, В.В. Конев, А.В. Яркин [1–13].

Восемь экспертов оценивали влияние шести факторов на уплотнение снежной массы по 14-балльной системе, причем каждый эксперт имел возможность оценить качество трех факторов, а каждый параметр оценивали 4 эксперта.

Каждый эксперт оценивал одно и то же число объектов; каждый объект проверяется одинаковым числом экспертов; каждую пару объектов один эксперт должен сравнивать одно и то же число раз. Все эти требования выполняются при использовании сбалансированного неполноблочного плана со следующими параметрами: b=8; v=6; q=3; r=4; N=vr=bq=24.

Целью экспертной оценки являлось определение факторов наилучшего воздействия на уплотнение снежной массы (фактор большего влияния оценивается большим числом баллов) и установление значимых различий между разными параметрами. Неполноблочный план [14] и результаты экспертной оценки у_{іі} приведены в табл. 1.

После подсчета B_j (по блокам) и T_i (по элементам) произведены вычисления, результаты которых приведены в табл. 2.

Величина $B_{(i)}$ — сумма итогов по тем блокам, в которых появляется элемент a_i , e нашем случае это сумма четырех итогов по блокам (r=4). В частности, для элемента a_1

$$B_{(1)} = \sum_{1}^{4} B_f = 38 + 36 + 28 + 28 = 130.$$

Значения $B_{(i)}$ учитывали при расчете величин Q_i (внутриблоковых эффектов элементов), с помощью которых оценивается внутренняя информация по элементам:

$$Q_{i} = qT_{i} - B_{i} = 3T_{i} - B_{i}. \tag{1}$$

Сумма величин Q_i в матрице должна быть равна нулю:

$$\sum_{1}^{6} Q_i = 0.$$

Когда определены T_i , $B_{(i)}$ и Q_i , приступают к расчету, необходимому для оценки скорректированных итогов по элементам (T_i'') с учетом межблоковой и внутриблоковой информации:

$$T_i^{\prime\prime} = T_i + \tilde{\mu}\omega_i, \qquad (2)$$

где ω_i — величина, которая обеспечивает учет блоковых эффектов; $\tilde{\mu}$ — весовой коэффициент.

Таблица 1 Неполноблочный план и результаты экспертной оценки

No	Цанилиополина параматра	Эксперты									
п/п	Наименование параметра	мерения	B1	B2	В3	В4	B5	В6	В7	B8	(T_i)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Начальная толщина снежного слоя	h (M)		14		12		5		8	39
2	Природно-климатические условия (температура воздуха, влажность, атмосферное давление, скорость ветра)	$T_{\text{ok.c}}$ (°C); W (%); P (MM pt. ct.); V (M/c)	10		10	10		7			37
3	Частота и амплитуда вибрационного уплотняющего воздействия	<i>n</i> (Гц), <i>A</i> (мм)	14		11	14	6				45
4	Количество проходов	<i>Y</i> (шт.)			12		8	9	8		37
5	Масса установки (нагрузка на снежную массу)	<i>т</i> (кг)	14	10					11	12	47
6	Скорость движения установки	V (м/ч)		14			11		9	8	42
Результаты оценок экспертов (В)			38	38	33	36	25	21	28	28	247
	B^2			1444	1089	1296	625	441	784	784	7907

Результаты вычислений

Таблица 2

№ п/п	Наименование параметра	T	В	Q	w	T^n	T^n	T^2	Q^2
a_1	Начальная толщина снежного слоя	39	133	23	-34	36,17	1308,51	1521	529
a_2	Природно-климатические условия (температура воздуха, влажность, атмосферное давление, скорость ветра)	37	123	25	28	39,32	1546,67	1369	625
a_3	Частота и амплитуда вибрационного уплотняющего воздействия	45	135	45	-24	43,00	1849,41	2025	2025
a_4	Количество проходов	37	117	31	70	42,81	1833,49	1369	961
$a_{\scriptscriptstyle 5}$	Масса установки (нагрузка на снежную массу)	47	107	81	180	61,96	3839,54	2209	6561
a_6	Скорость движения установки	42	91	77	272	64,61	4174,75	1764	5929
	Сумма	247	706	282	492	287,90	14552,39	10257	16630

 ω_{i} и $\tilde{\mu}$ находят по следующим формулам (для плана без повторных опытов):

$$\omega_i = (v - q)T_i - (v - 1)B_i + (q - 1)G;$$
 (3)

$$\tilde{\mu} = \frac{(b-1)(E_b - E_e)}{v(q-1)(b-1)E_b + (v-q)(b-v)E_e}, (4)$$

где $G = \sum_{i=1}^{\nu} T_{i}$; E_{b} — средний квадрат для бло-

ков, скорректированных от эффектов элементов; \vec{E}_{ρ} – внутриблоковая ошибка.

Если $E_{\scriptscriptstyle b}$ меньше $E_{\scriptscriptstyle e}$, то принимают $\tilde{\mu}$ = 0. В нашем случае

$$G = \sum_{1}^{6} T_i = 236.$$

С учетом этого

$$\omega_i = 3T_i - 5B_i + 2G.$$
 (5)

Проверка показывает, что, как и следовало ожидать, $\sum_{i=0}^{6} \omega_{i} = 0$.

При вычислениях учитывается величина относительной внутриблоковой информации (фактор эффективности), определяемая из соотношения

$$E = \frac{v(q-1)}{q(v-1)}. (6)$$

В нашем случае E=0,80. Величины E_b и E_e , знание которых необходимо для определения $\tilde{\mu}$, находят после дисперсионного анализа, результаты которого приведены в табл. 3

Таблица 3	3
-----------	---

Результаты дисперсионного анализа

Источники дисперсии	Сумма ква- дратов (ss)	Число степеней свободы (f)	Средний ква- драт (<i>ss/f</i>)
1	2	3	4
Блоки (некорректированные) $ss_{(6.H)}$	163603,29	7	23451,21
Блоки (скорректированные) $ss_{(6.c)}$	164158,51	7	
Элементы (нескорректированные) ss _(э.н)	22,20	5	3635,96
Элементы (скорректированные) ss _(э,c)	18179,80	5	
Внутриблоковая ошибка ss _(ош)	577,43	11	52,49
U тоги $ss_{(06m)}$	346541,24	23	

Необходимые суммы квадратов рассчитывают следующим образом:

$$ss_{6.H} = \frac{\sum_{1}^{b} B_{j}^{2}}{q} - \frac{G^{2}}{rv};$$
(7)

$$ss_{6,c} = \frac{\sum_{1}^{b} B_{j}^{2}}{q} + \frac{\sum_{1}^{v} Q_{i}^{2}}{q^{2} r E} - \frac{\sum_{1}^{v} T_{i}^{2}}{r};$$
 (8)

$$ss_{\text{out}} = \sum_{i} \sum_{j} y_{ij}^{2} - \frac{\sum_{1}^{b} B_{j}^{2}}{q} - \frac{\sum_{1}^{v} Q_{i}^{2}}{q^{2} r E};$$
(10)

$$ss_{\text{общ}} = \sum_{i} \sum_{j} y_{ij}^{2} - \frac{G^{2}}{rv}; \tag{11}$$

$$E_b = \frac{SS_{6,c}}{f_s};\tag{12}$$

$$E_e = \frac{ss_{\text{out}}}{f}.$$
 (13)

По формуле (4), находим весовой коэффициент μ

$$\tilde{\mu} = \frac{(8-1)(23451,22-52,49369)}{6(3-1)(8-1)23451,22+(6-3)(8-1)52,49369} = 0,083.$$

Определим значения $T_i^{\prime\prime}$, приведенные в табл. 2, а затем вычисляем средние значения оценок по элементам.

$$\overline{T_i} = \frac{T_i^{\prime\prime}}{r} T_i^{\prime\prime}. \tag{14}$$

После определения $T_i^{\prime\prime}$ вычисляется скорректированная сумма квадратов по элементам $ss_{2,c}$, которая необходима для определения E_3^{\prime} и далее критерия Фишера. С помощью критерия Фишера проверяется гипотеза на отсутствие различия между элементами.

$$ss_{s,c} = \frac{\sum (T_i'')^2}{r} - \frac{G^2}{rv};$$
 (15)

$$E_{9} = \frac{SS_{9,c}}{f_{2}}.$$
 (16)

При установлении критерия Фишера учитывается величина скорректированной ощибки:

$$E'_e = E_e \left[1 + (v - q)\tilde{\mu} \right]; \tag{17}$$

$$E'_e = 65,5864 [1+(6-3)0,083] = 65,58564.$$

Расчетное значение критерия Фишера:

$$F_{\text{pac4}} = \frac{E_3}{E'_e} = \frac{3635,961}{65,58564} = 55,43837.$$

Табличное значение критерия Фишера при $f_3=6-1=5$ и $f_{\text{out}}=vr+1-(b+v)=15$ равно 2,9. Таким образом, можно считать,

что различие между некоторыми элементами является значимым ($F_{\rm pacu} > F_{\rm raбn}$).

Далее ведется сравнение отдельных элементов с помощью критерия Фишера, определяемого по формуле

$$F_{\text{pacq}} = \frac{\left(T_i'' - T_{i+1}''\right)^2}{2rE_{\perp}'}.$$
 (18)

Так, при сравнении элементов a_1 u a_2 установлено:

$$F_{\text{pac}^{\text{q}}} = \frac{\left(T_{1}'' - T_{2}''\right)^{2}}{2rE_{c}'} =$$

$$= \frac{(36,17346-39,32774)^2}{2\cdot 4\cdot 65\cdot 5864} = 0,018962.$$

Теперь $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$, так как табличное значение критерия (при $f_3 = 6 - 1 = 5$ и $f_{\text{ош}} = 11$) равно 3,2. Следовательно, можно с 95%-ной доверительной вероятностью считать, что $a_1 = a_2$. Аналогично было установлено, что $a_3 = a_4$. Между остальными парами существуют значимые различия. Лучшими параметрами среди рассматриваемых факторов влияния на уплотнение снежной массы характеризуются те, которым соответствуют элементы a_3 и a_4 , т.е. частота и амплитуда вибрационного уплотняющего воздействия и количество проходов гидрошинного катка соответственно $(\overline{T}_3'' \approx \overline{T}_4''' \approx 11)$.

Список литературы

- 1. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Приоритеты развития наземных транспортно-технологических комплексов в освоении континентального шельфа // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. 2015. С. 147—149.
- 2. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Уплотняющая машина с дополнительным рабочим органом // Фундаментальные исследования. -2015. -№ 9-2. -C. 236-239.

- 3. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Проектирование машины для содержания и ремонта временных зимних дорог на базе снегоболотохода «СТРАННИК» // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень, 2015. С. 150–153.
- 4. Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Мерданов III.М. Основные аспекты развития транспортной инфраструктуры крайнего севера // Фундаментальные исследования. 2016. N 2 -1. C. 31 -36.
- 5. Мадьяров Т.М., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А. Устройство для ремонта автозимников // Интерстроймех 2014: материалы Международной научно-технической конференции. Самара, 2014. С. 229–232.
- 6. Мадьяров Т.М., Костырченко В.А., Серебренников А.А., Мерданов Ш.М. Многофункциональный термоагрегат для увлажнения снежной массы // Фундаментальные исследования. 2015. № 9–2. С. 278–281.
- 7. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Анализ технологий строительства снеголедовых дорог при помощи вибрационных машин // Фундаментальные исследования. -2016. -№ 2-2. -C. 281-285.
- 8. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А. Анализ технологий сооружения автозимников на болотистых основаниях // Проблемы эксплуатации систем транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Тюменский государственный нефтегазовый университет, Институт транспорта. 2009. С. 203–205.
- 9. Мерданов М.Ш., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Проектирование вибрационного катка для строительства временной зимней дороги // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень, 2015. С. 207–209.
- 10. Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Смолин Н.И., Иванов А.А., Обухов А.Г., Костырченко В.А., Мерданова М.Р. Вибрационный каток // Патент РФ № 2439240, 2010.
- 11. Мерданов Ш.М., Карнаухов Н.Н., Иванов А.А., Мадьяров Т.М., Иванов А.А., Мерданов М.Ш. Устройство для ремонта автозимников // Патент России № 2530966, 2013.
- 12. Обухов А.Г., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Самоходный скрепер со снегоуплотняющим агрегатом // Инженерный вестник Дона. -2014. Т. 30. № 2. С. 58.
- 13. Серебренников А.А., Мерданов Ш.М., Мадьяров Т.М., Костырченко В.А. Прицепной агрегат для уплотнения дорожных насыпей // Фундаментальные исследования. -2015. -№ 9-2. -C. 304-308.
- 14. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. 262 с.