

УДК 625.731(23)(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-8-140-150

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ
В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ
ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОТНЫХ ОТМЕТОК РЕЛЬЕФА КЫРГЫЗСТАНА**

Э.М. Каримов

Аннотация. Годовое количество осадков, выпадающих в горах, увеличивается по мере увеличения высоты над уровнем моря в среднем на 40...60 мм на каждые 1000 м высоты. Температура понижается на 0,65° на каждые 100 м высоты, а также уменьшается атмосферное давление. Установлено влияние вертикальной зональности и экспозиции склонов по отношению к странам света. При проектировании и строительстве автомобильных дорог необходимо знать расчетную влажность грунта, которая обуславливает его прочность и устойчивость. Один и тот же грунт в разных районах и на разных участках дорог обладает разной устойчивостью. Учёт географических комплексов при проектировании и строительстве автомобильных дорог решается на основе дорожно-климатического районирования территорий. Основной целью дорожно-климатического районирования является установление расчетных прочностных и деформативных характеристик земляного полотна автомобильных дорог, которые зависят от типа грунтов и влажности. Определение расчетной влажности с помощью математического и статического анализов во многом облегчает успешное решение вышеприведенных проблем и задач в дорожной науке.

Ключевые слова: вертикальная зональность; температура; расчетная влажность; земляное полотно; автомобильные дороги; географический комплекс; дорожно-климатический район.

**КЫРГЫЗСТАНДЫН РЕЛЬЕФИНИН БИЙИКТИК БЕЛГИЛЕРИНЕ КАРАТА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК МААЛЫМАТТАР БОЮНЧА ТАБИГЫЙ ШАРТТАГЫ
КЫРТЫШТАРДЫН ЭСЕПТИК НЫМДУУЛУГУН АНЫКТОО**

Э.М. Каримов

Аннотация. Тоолорго түшкөн жаан-чачындын жылдык көлөмү деңиз деңгээлинен бийиктиктин ар бир 1000 м бийиктигине орточо 40 ... 60 мм көтөрүлгөн сайын көбөйөт. Температура ар бир 100 м бийиктикте 0,65° чейин төмөндөйт, ошондой эле атмосфералык басым да төмөндөйт. Тик зоналуулуктун жана жантайыңкы экспозициянын жарык өлкөлөрүнө тийгизген таасири аныкталды. Автомобиль жолдорун долбоорлоодо жана курууда анын бекемдигин жана туруктуулугун шарттаган топурактын болжолдуу нымдуулугун билүү керек. Бир эле топурак ар кайсы райондордо жана жолдордун ар кайсы жерлеринде ар кандай туруктуулукка ээ. Автомобиль жолдорун долбоорлоодо жана курууда географиялык комплекстерди эсепке алуу аймактарды жол-климаттык райондоштуруунун негизинде чечилет. Жол-климаттык райондоштуруунун негизги максаты болуп автомобиль жолдорунун жер кыртышынын кыртыштын түрүнө жана нымдуулугуна жараша эсептелген бекемдик жана аткаруучулук мүнөздөмөлөрүн белгилөө эсептелет. Математикалык жана статикалык анализдин жардамы менен эсептик нымдуулукту аныктоо жол илиминдеги жогоруда айтылган маселелерди жана милдеттерди ийгиликтүү чечүүгө бир топ жардам берет.

Түйүндүү сөздөр: тик зоналуулук; температура; эсептелген нымдуулук; жер тилкеси; автомобиль жолдору; географиялык комплекс; жол-климаттык аймак.

**DETERMINATION OF THE CALCULATED SOIL MOISTURE
IN THE NATURAL OCCURRENCE ACCORDING TO EXPERIMENTAL DATA
ON THE ELEVATION MARKS OF THE RELIEF OF KYRGYZSTAN**

E.M. Karimov

Abstract. The annual amount of precipitation falling in the mountains increases as it rises above sea level by an average of 40..60 mm for every 1000 m of height. The temperature drops to 0,65° for every 100 m of altitude, and the atmospheric pressure decreases. Natural conditions in the mountains change over a short period, and the influence of vertical zonality and exposure of slopes in relation to the countries of the world is sharply manifested. When designing and constructing highways, it is necessary to know the calculated soil moisture, which determines its strength and stability. The same soil in different areas and on different road sections has different stability. Consideration of geographical complexes in the design and construction of highways are solved on the basis of road-climatic zoning of territories. The main purpose of road-climatic zoning is to establish the calculated strength and deformation characteristics of the roadbed, which depend on the type of soil and humidity. The determination of the calculated humidity using mathematical and static analysis greatly facilitates the successful solution of the above problems and tasks in road science.

Keywords: vertical zonality; temperature; calculated humidity; roadbed; highways; geographical complex; road-climatic area.

Введение. Хорошо известно, что одной из основных причин формирования местных просадочных деформаций является вода и вызванное ею переувлажнение грунтов. При избыточном увлажнении прочность и плотность грунтов снижаются, что обуславливает уменьшение сопротивляемости дорожных конструкций к нагрузкам от автотранспорта [1], установлена также тесная связь между коэффициентом увлажненности грунта и достигаемой степенью его уплотнения при возведении насыпей в отдельных климатических районах [2]. Поэтому при проектировании и строительстве автомобильных дорог необходимо знать расчетную влажность грунта, которая обуславливает его прочность и устойчивость [3, 4]. Для совершенствования методов проектирования автомобильных дорог необходим научно-практический подход, основанный на результатах научно-исследовательских работ, выполненных для исследуемой территории [5]. Научно-исследовательские работы по изучению водно-теплового режима грунта земляного полотна автомобильных дорог на территории Юго-Западного Кыргызстана проводились непрерывно течение 10 лет на различных высотных отметках. Поскольку при нормировании границ дорожного зонирования территории Кыргызстана в качестве доминирующих признаков были приняты абсолютные высотные отметки рельефа и годовое количество осадков, поэтому исследуемые участки были выбраны из различных агроклиматических районов. Перевал Чыйырчык находится в Алайском климатическом районе. Перевал Джалал-Абад – в Джалал-Абадском, перевал Наукат – в Наукатском и Исфана – в Сох-Исфаринском агроклиматическом районе.

Результаты. В таблице 1 представлен статистический ряд численных значений абсолютной влажности, модульных коэффициентов и процента обеспеченности по экспериментальным данным перевала Чыйырчык. Абсолютная влажность грунта измерялась на глубинах от 10 до 150 см период с марта по ноябрь 2021 года. Численные значения каждого статистического ряда представлены в убывающем порядке – от максимальных до минимальных значений, а параметры обеспеченности – в процентном соотношении. Также приводятся статистические характеристики ряда с указанием численных значений, таких как среднее значение, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, коэффициент автокорреляции и соотношение коэффициента вариации к асимметрии. Приводится график эмпирической кривой обеспеченности абсолютной влажности для перевала Чыйырчык для периода исследований (рисунок 1).

Таблица 1 – Определение расчетной влажности <<Eqn0480.wmf>> грунта для перевала Чыйырчык

№	W влажность грунта	K-модульный коэффициент	K-1		(K-1) ²	P-процент обеспечен- ности $P=m-0,5/n*100$
			+	-		
1	2	3	4	5	6	7
1	19,15	2,667	1,667		2,779	0,38
2	17,66	2,460	1,460		2,130	1,13
3	16,59	2,311	1,311		1,718	1,88
4	15,68	2,184	1,184		1,401	2,63
5	14,63	2,038	1,038		1,077	3,38
6	13,79	1,921	0,921		0,848	4,14
7	13,61	1,896	0,896		0,802	4,89
8	13,46	1,875	0,875		0,765	5,64
9	12,71	1,770	0,770		0,593	6,39
10	12,67	1,765	0,765		0,585	7,14
11	12,5	1,741	0,741		0,549	7,89
12	12,28	1,710	0,710		0,505	8,65
13	12,2	1,699	0,699		0,489	9,40
14	12,2	1,699	0,699		0,489	10,15
15	11,7	1,630	0,630		0,396	10,90
16	11,63	1,620	0,620		0,384	11,65
17	11,54	1,607	0,607		0,369	12,41
18	10,77	1,500	0,500		0,250	13,16
19	10,71	1,492	0,492		0,242	13,91
20	10,65	1,483	0,483		0,234	14,66
21	10,53	1,467	0,467		0,218	15,41
22	10,53	1,467	0,467		0,218	16,17
23	10,42	1,451	0,451		0,204	16,92
24	10,42	1,451	0,451		0,204	17,67
25	10,42	1,451	0,451		0,204	18,42
26	10,42	1,451	0,451		0,204	19,17
27	10,38	1,446	0,446		0,199	19,92
28	10,26	1,429	0,429		0,184	20,68
29	10	1,393	0,393		0,154	21,43
30	9,84	1,370	0,370		0,137	22,18
31	9,8	1,365	0,365		0,133	22,93
32	9,52	1,326	0,326		0,106	23,68
33	9,3	1,295	0,295		0,087	24,44
34	9,26	1,290	0,290		0,084	25,19
35	9,09	1,266	0,266		0,071	25,94
36	9,09	1,266	0,266		0,071	26,69
37	9,06	1,262	0,262		0,069	27,44
38	9,05	1,260	0,260		0,068	28,20
39	8,98	1,251	0,251		0,063	28,95
40	8,88	1,237	0,237		0,056	29,70
41	8,8	1,226	0,226		0,051	30,45
42	8,77	1,221	0,221		0,049	31,20
43	8,76	1,220	0,220		0,048	31,95
44	8,7	1,212	0,212		0,045	32,71
45	8,7	1,212	0,212		0,045	33,46

46	8,7	1,212	0,212		0,045	34,21
47	8,51	1,185	0,185		0,034	34,96
48	8,33	1,160	0,160		0,026	35,71
49	8,33	1,160	0,160		0,026	36,47
50	8	1,114	0,114		0,013	37,22
51	8	1,114	0,114		0,013	37,97
52	8	1,114	0,114		0,013	38,72
53	8	1,114	0,114		0,013	39,47
54	7,89	1,099	0,099		0,010	40,23
55	7,84	1,092	0,092		0,008	40,98
56	7,84	1,092	0,092		0,008	41,73
57	7,75	1,079	0,079		0,006	42,48
58	7,69	1,071	0,071		0,005	43,23
59	7,41	1,032	0,032		0,001	43,98
60	7,41	1,032	0,032		0,001	44,74
61	7,32	1,019	0,019		0,000	45,49
62	7,32	1,019	0,019		0,000	46,24
63	7,28	1,014	0,014		0,000	46,99
64	7,27	1,013	0,013		0,000	47,74
65	7,19	1,001	0,001		0,000	48,50
66	7,14	0,994		0,006	0,000	49,25
67	7,14	0,994		0,006	0,000	50,00
68	7,04	0,981		0,019	0,000	50,75
69	7,02	0,978		0,022	0,000	51,50
70	6,86	0,955		0,045	0,002	52,26
71	6,67	0,929		0,071	0,005	53,01
72	6,52	0,908		0,092	0,008	53,76
73	6,48	0,903		0,097	0,010	54,51
74	6,38	0,889		0,111	0,012	55,26
75	6,38	0,889		0,111	0,012	56,02
76	6,25	0,870		0,130	0,017	56,77
77	6,15	0,857		0,143	0,021	57,52
78	6,15	0,857		0,143	0,021	58,27
79	6,12	0,852		0,148	0,022	59,02
80	6,12	0,852		0,148	0,022	59,77
81	6,12	0,852		0,148	0,022	60,53
82	6,12	0,852		0,148	0,022	61,28
83	6,01	0,837		0,163	0,027	62,03
84	6	0,836		0,164	0,027	62,78
85	6	0,836		0,164	0,027	63,53
86	5,81	0,809		0,191	0,036	64,29
87	5,77	0,804		0,196	0,039	65,04
88	5,77	0,804		0,196	0,039	65,79
89	5,77	0,804		0,196	0,039	66,54
90	5,66	0,788		0,212	0,045	67,29
91	5,66	0,788		0,212	0,045	68,05
92	5,45	0,759		0,241	0,058	68,80
93	5,45	0,759		0,241	0,058	69,55
94	5,14	0,716		0,284	0,081	70,30

95	5	0,696		0,304	0,092	71,05
96	5	0,696		0,304	0,092	71,80
97	4,95	0,689		0,311	0,096	72,56
98	4,76	0,663		0,337	0,114	73,31
99	4,55	0,634		0,366	0,134	74,06
100	4,55	0,634		0,366	0,134	74,81
101	4,44	0,618		0,382	0,146	75,56
102	4,17	0,581		0,419	0,176	76,32
103	4,08	0,568		0,432	0,186	77,07
104	3,92	0,546		0,454	0,206	77,82
105	3,85	0,536		0,464	0,215	78,57
106	3,69	0,514		0,486	0,236	79,32
107	3,67	0,511		0,489	0,239	80,08
108	3,51	0,489		0,511	0,261	80,83
109	3,39	0,472		0,528	0,279	81,58
110	3,28	0,457		0,543	0,295	82,33
111	3,28	0,457		0,543	0,295	83,08
112	2,82	0,393		0,607	0,369	83,83
113	2,74	0,382		0,618	0,382	84,59
114	2,72	0,379		0,621	0,386	85,34
115	2,38	0,331		0,669	0,447	86,09
116	2,27	0,316		0,684	0,468	86,84
117	2,17	0,302		0,698	0,487	87,59
118	2,13	0,297		0,703	0,495	88,35
119	2,08	0,290		0,710	0,505	89,10
120	2	0,279		0,721	0,520	89,85
121	2	0,279		0,721	0,520	90,60
122	1,96	0,273		0,727	0,529	91,35
123	1,96	0,273		0,727	0,529	92,11
124	1,92	0,267		0,733	0,537	92,86
125	1,82	0,253		0,747	0,557	93,61
126	1,79	0,249		0,751	0,564	94,36
127	1,75	0,244		0,756	0,572	95,11
128	1,69	0,235		0,765	0,585	95,86
129	1,67	0,233		0,767	0,589	96,62
130	1,64	0,228		0,772	0,595	97,37
131	1,56	0,217		0,783	0,613	98,12
132	1,54	0,214		0,786	0,617	98,87
133	1,54	0,214		0,786	0,617	99,62
Сумма:	478,95	132,95	27,089	27,139	35,195	

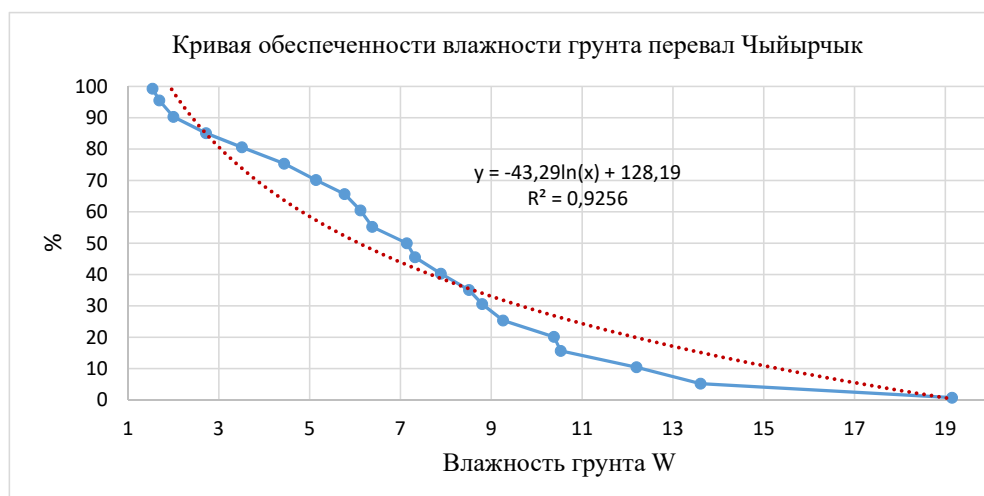


Рисунок 1 – Кривая обеспеченности влажности грунта перевал Чыйырчык

Для статистического ряда, представленного в таблице, среднее значение абсолютной влажности грунта W_{cp} вычисляли по формуле [3]:

$$W = \frac{\sum w_i}{n} \quad (1)$$

Коэффициент вариации определяли по формуле [3]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K - 1)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

а коэффициент асимметрии кривой находили по формуле [3]:

$$C_s = 2C_v \quad (3)$$

Модульный коэффициент каждого года наблюдения определен по формуле [3]:

$$K_i = \frac{w_i}{w_{cp}} \quad (4)$$

Процент обеспеченности – P [3]:

$$P = \frac{m - 0.5}{n} \cdot 100 \% \quad (5)$$

В приведенных выше формулах приняты следующие обозначения: W_i – влажность грунта i -го рода, %; n – число всех членов ряда; m – порядковый номер данного члена ряда.

По известным значениям средней влажности W_{cp} , коэффициентам вариации C_v и асимметрии C_s , в зависимости от принимаемой обеспеченности, вычислены значения расчетных влажностей

грунта по следующему уравнению: $W_p = (\phi C_v + 1) W_{cp}$, где ϕ – отклонение от середины ординат интегральной кривой, принимаемой по таблицам С.И. Рыбника [3].

Средняя многолетняя влажность грунта:

$$W_{cp} = \frac{478,95}{133} = 3,6 \text{ \%}.$$

Коэффициент вариации C_v :

$$C_v = \sqrt{\frac{35,95}{132}} = 0,26,$$

$$C_s = 0,262 = 0,52.$$

Анализ данных измерений позволил вычислить максимальные и минимальные численные значения по всему ряду, определить, на какой глубине и в какой период влажность грунта перевала Чыйырчык имеет максимальные значения абсолютные значения. В данном случае максимальные значения в интервале 16,59–19,15 по данным измерений отмечались в весенний период с марта по май месяц на глубине грунта от 60 до 80 см. В летний период июнь–август месяцы максимальные значения отмечали в интервале 10,26–12,5 на глубине грунта 70–80 см. В осенний период сентябрь–ноябрь месяцы максимальные значения отмечали в интервале 13,79–14,63 на глубине грунта 90–110 см. Минимальные значения абсолютной влажности грунта за исследуемый период соответственно отмечались ближе к поверхности грунта на глубине 10 см, и составили значения в интервале 1,54–6,67. График эмпирической кривой распределения обеспеченности построен на условной клетчатке вероятностей. Тип условной клетчатки вероятности выбран в соответствии с принятой аналитической функцией распределения вероятностей, и полученного отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v . Здесь принят метод любого соотношения, потому что соотношение C_s к C_v равно 2. Для сглаживания и экстраполяции эмпирической кривой распределения применено трехпараметрическое гамма-распределение. На графике (рисунок 1) представлены эмпирические обеспеченности влажности грунта за период исследований. Аналитическая кривая, совмещённая с эмпирической кривой, показывает, что абсолютная влажность грунта за период март–ноябрь на глубинах имеет нелинейную тенденцию распределения. На нелинейность тенденции указывают и статистические значения ряда выборки, в частности, коэффициент автокорреляции $r(1)$, расчетное значение коэффициента автокорреляции в нашем случае равно 0,531, что меньше значения 0,7. Аналитическая кривая логарифмическая с уравнением $y = -43,29 \ln(x) + 128,19$ и коэффициентом детерминации, равным 0,92, показывает, что изменение абсолютной влажности грунта на глубинах от 10 до 150 см имеет не линейную тенденцию, а логарифмическую для перевала Чыйырчык.

Анализ данных для перевала Ноокат проводили по тем же методикам, представленным для расчетов для перевала Чыйырчык. Аналогично использованы формулы и методы построения эмпирических кривых обеспеченностей. Ниже приведём результаты проведённого анализа данных.

Исходя из анализа данных измерений, приведенных в таблице 2, а также для перевала Ноокат, были вычислены максимальные и минимальные численные значения по всему ряду, определены на какой глубине и в какой период абсолютные значения влажности грунта перевала Ноокат имеют максимум. Максимальные значения в интервале 16,2–20,2 по данным измерений отмечались в весенний период с марта по май месяц на глубине грунта от 20 до 30 см. В летний период июнь–август месяцы максимальные значения отмечены в интервале 7,69–11,36 на глубине грунта 30–50 см. В осенний период сентябрь–ноябрь месяцы максимальные значения в интервале 9,52–17,39 отмечены на глубине грунта 30–40 см. За исследуемый период абсолютные значения максимальной влажности находятся на

Таблица 2 – Определение расчетной влажности перевала Ноокат

№	W влажность грунта	K-модульный коэффициент	K-1		(K-1) ²	P-процент обеспеченности P=m-0,5/n*100
			+	-		
1	31,58	5,005	4,005	-	16,038	0,38
2	22,2	3,518	2,518	-	6,341	1,15
3	17,39	2,756	1,756	-	3,083	1,91
4	17,12	2,713	1,713	-	2,935	2,67
5	16,32	2,586	1,586	-	2,517	3,44
6	16,22	2,571	1,571	-	2,467	4,20
7	16,20	2,567	1,567	-	2,457	4,96
8	14,04	2,225	1,225	-	1,501	5,73
9	12,73	2,017	1,017	-	1,035	6,49
10	12,02	1,905	0,905	-	0,819	7,25
...
131	1,43	0,227	-	0,773	0,598	99,62
Сумма	826,32	130,96	31,442	31,482	62,855	

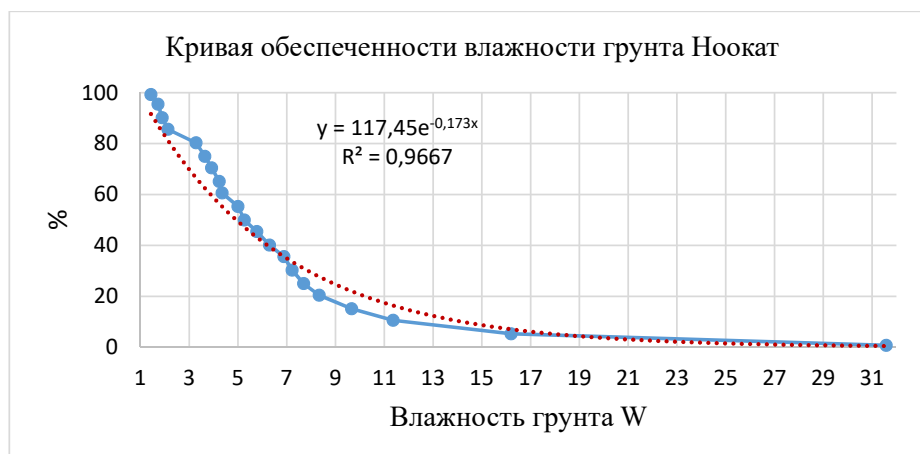


Рисунок 2 – Кривая обеспеченности влажности грунта перевала Ноокат

глубине не ниже 50 см. Минимальные значения абсолютной влажности грунта за исследуемый период отмечены на глубинах 60–110 см и составили значения в интервале 1,43–5,25.

На рисунке 2 представлен график эмпирической обеспеченности влажности грунта перевала Ноокат за весь период исследований. Аналитическая кривая, совмещённая с эмпирической кривой, показывает, что абсолютная влажность грунта за период март–ноябрь на глубинах имеет нелинейную тенденцию распределения. На нелинейность тенденции указывают и статистические значения ряда выборки, в частности, коэффициент автокорреляции $r(1)$, расчетное значение коэффициента автокорреляции 0,418, что также меньше значения 0,7. Аналитическая кривая экспоненциальная с уравнением $y = 117,45e^{-0,173x}$ и коэффициентом детерминации, равным 0,96, показывает, что изменение абсолютной влажности грунта на глубинах от 10 до 150 см для перевала Ноокат имеет тенденцию изменений экспоненциального характера.

Анализ данных для перевала Джалал-Абад выполнен указанным выше методом с использованием тех же формул (таблица 3). В результате были получены следующие результаты для перевала Джалал-Абад: максимальные значения абсолютной влажности грунта в интервале 20,77–27,65, по данным

Таблица 3 – Определение расчетной влажности W_p грунта для перевала Джалал-Абад

№	W влажность грунта	K-модульный коэффициент	K-1		(K-1) ²	P-процент обеспеченности $P=m-0,5/n*100$
			+	-		
1	27,65	2,525	1,525		2,326	0,40
2	25,68	2,345	1,345		1,810	1,21
3	23,12	2,111	1,111		1,235	2,02
4	22,83	2,085	1,085		1,177	2,82
5	22,8	2,082	1,082		1,171	3,63
6	22,57	2,061	1,061		1,126	4,44
7	22,55	2,059	1,059		1,122	5,24
8	21,46	1,960	0,960		0,921	6,05
9	21,02	1,920	0,920		0,846	6,85
10	21,01	1,919	0,919		0,844	7,66
...
124	1,64	0,150		0,850	0,723	99,60
Сумма	1358,37	124,048	31,969	31,921	44,372	

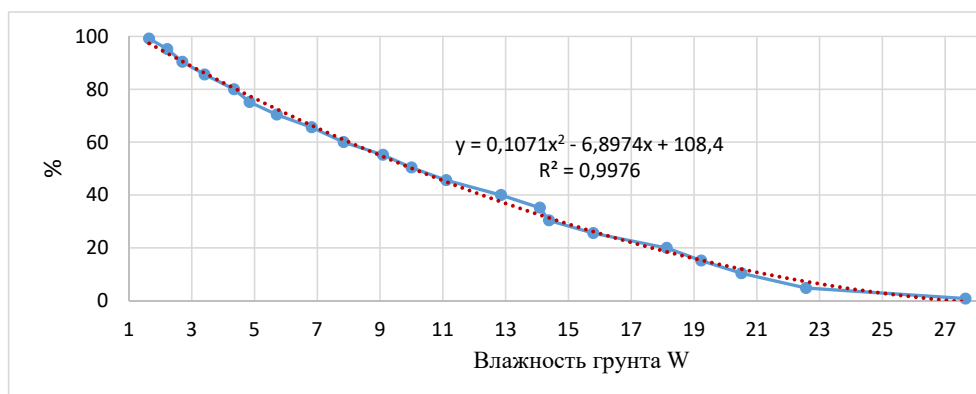


Рисунок 3 – Кривая обеспеченности влажности грунта для перевала Джалал-Абад

измерений, отмечались в весенний период с марта по май месяц на глубине от 130 до 140 см. В летний период июнь–август месяцы максимальные значения находились в интервале 10,0–16,13 на глубине грунта 140–150 см. В осенний период сентябрь–ноябрь месяцы максимальные значения наблюдали в интервале 10,2–20,0 на глубине грунта 60–80 см. Минимальные значения абсолютной влажности грунта за исследуемый период отмечены на глубинах 10–30 см и составили значения в интервале 1,89–12,18.

На рисунке 3 представлен график эмпирической обеспеченности влажности грунта перевала Джалал-Абад за период исследований. Аналитическая кривая, совмещённая с эмпирической кривой, показывает, что абсолютная влажность грунта за период март–ноябрь разных на глубинах имеет тенденцию, близкую к линейной. Коэффициент автокорреляции $r(1)$, равный 0,806, можно считать линейным, но лучше описывается аналитическая кривая полиномом второй степени. Уравнение $y = 0,1071x^2 - 6,8974x + 108,4$ и коэффициент детерминации, равный 0,99, показывает, что изменение

Таблица 4 – Определение расчетной влажности W_p грунта Исфана

№	W влажность грунта	K-модульный коэффициент	K-1		(K-1) ²	P-процент обеспеченности $P=m-0,5/n*100$
			+	-		
1	23,23	3,790	2,790		7,782	0,39
2	22,22	3,625	2,625		6,890	1,18
3	20,82	3,396	2,396		5,743	1,97
4	20,59	3,359	2,359		5,564	2,76
5	20	3,263	2,263		5,120	3,54
6	20	3,263	2,263		5,120	4,33
7	19,51	3,183	2,183		4,764	5,12
8	19,35	3,157	2,157		4,651	5,91
9	19,35	3,157	2,157		4,651	6,69
10	19,35	3,157	2,157		4,651	7,48
...
127	0,67	0,109		0,891	0,793	99,61
Сумма	778,33	126,979	46,006	46,027	116,689	

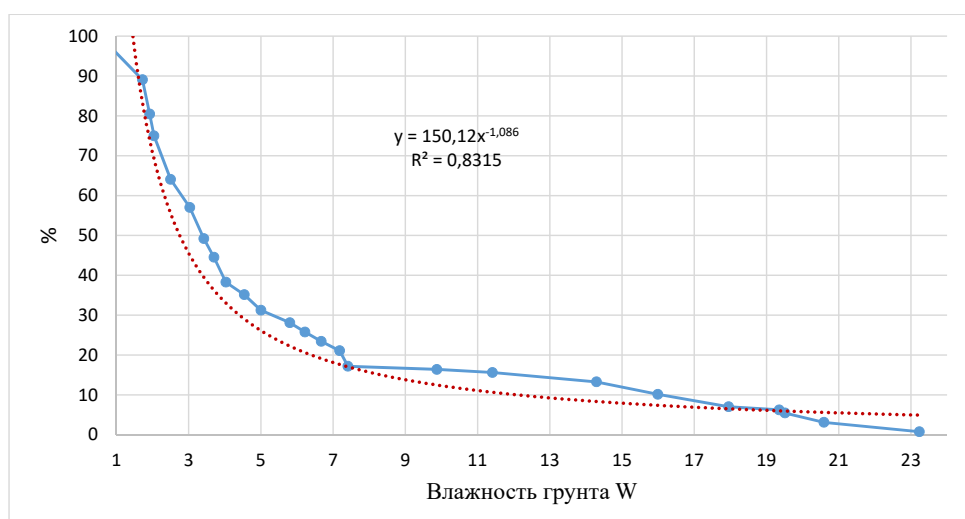


Рисунок 4 – Кривая обеспеченности влажности грунта Исфана

абсолютной влажности грунта на глубинах от 10 до 150 см имеет тенденцию изменений, близкую к линейному характеру для перевала Джалал-Абад.

Анализ данных таблицы 4 для грунта Исфаны показал, что максимальные значения абсолютной влажности грунт имеет в марте, и составляют 9,87, в апреле – 23,23 по данным измерений были отмечены на глубине 80 и 100 см, в мае – 6,61 на глубине 150 см. В летний период в июнь значение 22,2 отмечали на глубине 50 см, июль–август – 4,26 на глубине 150 см. В осенний период сентябрь–ноябрь месяцы максимальные значения в были отмечены в интервале 5,0–7,41 на глубине грунта 80–90 см. Минимальные значения абсолютной влажности грунта за исследуемый период наблюдались на глубинах 50–70 см.

На рисунке 4 представлен график эмпирической обеспеченности влажности грунта Исфана за весь период исследований. Аналитическая кривая, совмещённая с эмпирической кривой показывает, что абсолютная влажность грунта за период март–ноябрь на глубинах 10–150 см имеет тенденцию степенного характера. Коэффициент автокорреляции $r(1)$ равен 0,815, что указывает на линейность рядов, но аналитическая кривая лучше описывается степенной функцией, видимо, это связано с некоторыми погрешностями в измерениях. Уравнение $150,12x^{-1,086}$ и коэффициент детерминации, равный 0,831, показывает, что изменение абсолютной влажности грунта на глубинах от 10 до 150 см имеет тенденцию изменений степенного характера для грунта Исфаны.

Выводы. Основной целью дорожно-климатического районирования является установление расчетных прочностных и деформационных характеристик земляного полотна автомобильных дорог, которые зависят от типа грунта и его влажности. Определение расчетной влажности с помощью математического и статического анализа во многом определяют качество проектирования, эксплуатации и строительства автомобильных дорог в горной местности Кыргызстана. Принципы дорожного районирования с определением расчетной влажности существенно уточняют нормы проектирования автомобильных дорог в горной местности.

Поступила: 17.06.22; рецензирована: 30.06.22; принята: 04.07.22.

Литература

1. *Каримов Э.М.* Влияние водно-теплового режима на техническое состояние земляного полотна автомобильных дорог в условиях V дорожно-климатической зоны Кыргызстана / Э.М. Каримов // Вестник ТГАСУ. Томск, 2020. № 1 С. 193–204.
2. *Алексиков С.В.* Обоснование расчетной влажности грунтов земляного полотна / С.В. Алексиков, Д.В. Алаторцев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2002. № 3. С. 11–12.
3. *Леонович И.И.* Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог / И.И. Леонович, Н.П. Вырко. Минск, 2013. 32 с.
4. *Кельчевская Л.Ю.* Методы обработки наблюдений в агроклиматологии / Л.Ю. Кельчевская. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. 214 с.
5. *Ефименко В.Н.* Особенности дорожно-климатического районирования территории Юго-Западного Кыргызстана / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, Э.М. Каримов, К.Ч. Кожогулов // Вестник ТГАСУ. Томск, 2022. Т. 24. № 2. С. 161–171.
6. *Хасанов Б.У.* Анализ климатических условий Кадамжайского района Баткенской области / Б.У. Хасанов, Э.М. Каримов, У. Эркали уулу // Вестник КРСУ. 2021. Т. 21. № 8. С. 164–166.