

УДК 656.212.5

https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/23

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

©Ситников С. А., ORCID: 0000-0002-7653-6587, SPIN-код: 6830-4129,
канд. техн. наук, Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург, Россия, SSitnikov@usurt.ru

DETERMINATION OF CALCULATED METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE DESIGN OF NEW AND RECONSTRUCTION OF EXISTING HUMPYARDS

©Sitnikov S., ORCID: 0000-0002-7653-6587, SPIN-code: 6830-4129,
Ph.D., Ural State University of Railway Transport,
Yekaterinburg, Russia, SSitnikov@usurt.ru

Аннотация. Приводится анализ действующей методики определения расчётных метеорологических условий, используемых в качестве исходных данных при проектировании новых и реконструкции существующих сортировочных горок. В статье особое внимание уделено вопросам, которые при определении расчётных метеорологических условий могут иметь неоднозначное толкование. Сложная многовариантная задача определения метеорологических параметров требует конкретизации решения отдельных вопросов данного аспекта, например, определения расчётной температуры наружного воздуха для неблагоприятных условий роспуска вагонов. Достаточно много неясностей возникает при определении скорости и направления ветра. В связи с вышесказанным требуется уточнение некоторых положений «Правил и норм проектирования сортировочных устройств».

Abstract. This article analyzes the current methodology for determining estimated meteorological conditions used as input data in the design of new and reconstructed hump yards. The article pays special attention to issues that may have ambiguous interpretations when determining calculated meteorological conditions. The complex, multivariate task of determining meteorological parameters requires a more specific solution to individual issues in this regard, for example, determining the calculated outside air temperature for unfavorable conditions during wagon dismantling. Quite a few uncertainties arise when determining wind speed and direction. In light of the above, clarification of certain provisions of the "Rules and Standards for the Design of Sorting Facilities" is required.

Ключевые слова: сортировочная горка, расчёт метеорологических условий, скорость и направление ветра, удельная работа сил сопротивления, расчётный месяц.

Keywords: marshalling yard, calculation of meteorological conditions, wind speed and direction, specific work of resistance forces, calculation month.

Анализ литературных источников показывает, что при решении проектных задач, связанных с проектированием и реконструкцией существующих сортировочных горок, используемые нормативные документы зачастую не содержат четких и ясных инструкции по решению конкретных задач [1-4].

В таких условиях неопределённости и сложности поставленной задачи возникает много вопросов. Результаты решения задач у разных исполнителей могут получаться различными. Такое положение требует пересмотра и уточнения некоторых положений нормативных документов. Принятые в 1992 г. Правила... [2] содержали основные нормативы для проектирования сортировочных горок. В 2003 г. утверждена новая редакция этого документа, содержащая целый ряд изменений, которые в частности касаются определения расчётных климатических условий [1].

Эти изменения, по-видимому, обусловлены новыми условиями работы в связи с переходом на вагоны с подшипниками качения. Однако, если основные положения Правил... подробно разъяснены в, то новая редакция документа пояснений по применению на настоящий момент не имеет [1-3].

В связи с вышеизложенным, является актуальной задача приведения нормативного документа к виду, удобному для работы, исключающему возможность двоякого толкования важных положений теории расчёта сортировочных горок. Выполненный анализ состояния продольного профиля горочных путей на ряде сортировочных и грузовых станций показал необходимость выправки продольного профиля горочных путей (Рисунок).

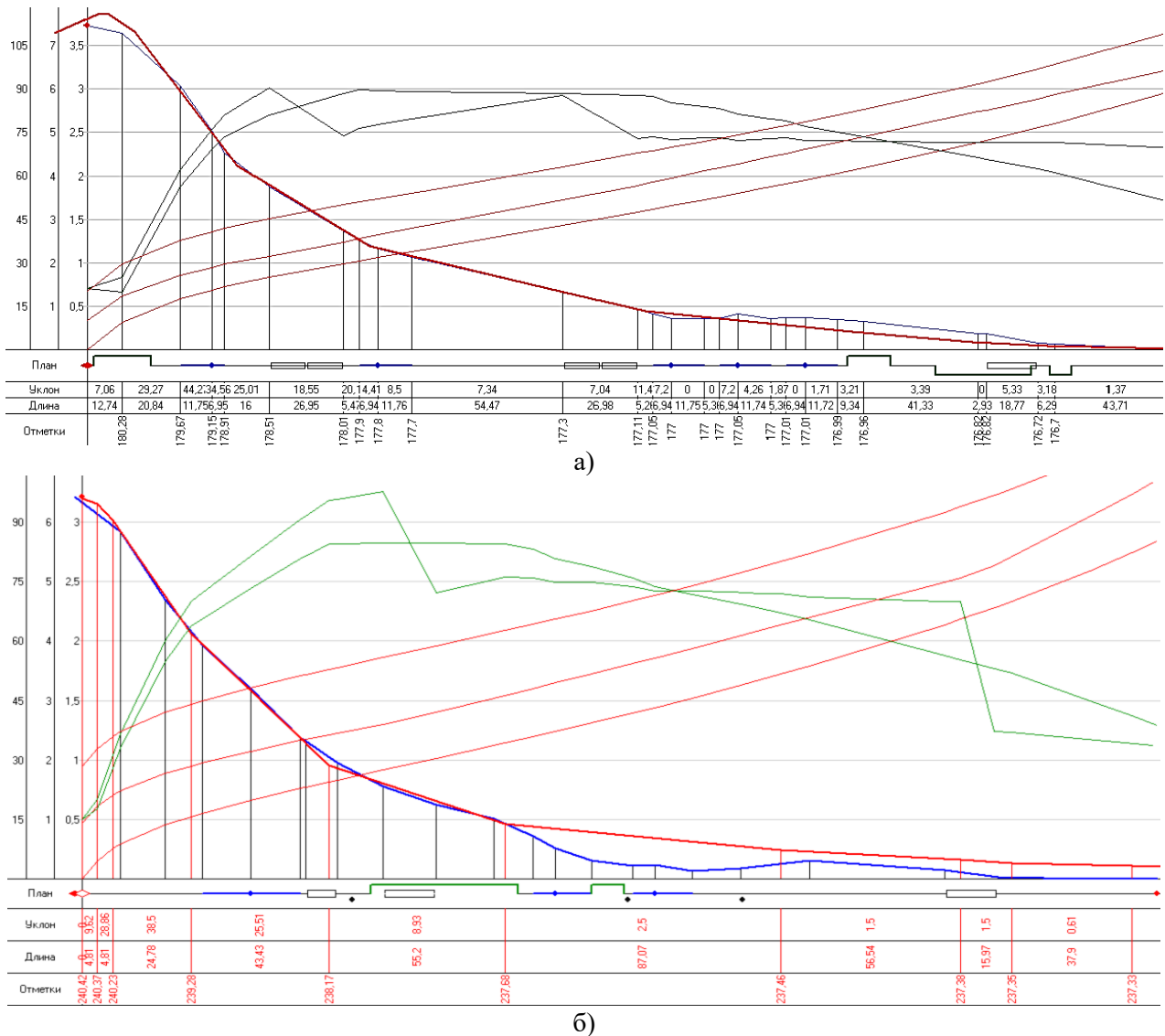


Рисунок. Существующий и проектный продольные профили спускной части горки а) с изменением высоты горки (станция К); б) без изменения высоты горки (станция Б)

При разработке проектов потребовалось выполнение расчётов по определению высоты сортировочных горок. Известно, что на высоту горки и скорость движения вагонов значительное влияние оказывают метеорологические условия, и поэтому в проектах должна тщательно определяться расчётная температура наружного воздуха, направление и скорость ветра.

Постановка задачи. Требуется выяснить, возможно ли, соблюдая рекомендации, определить расчётную температуру наружного воздуха, направление и скорость ветра, соответствующие реальным условиям работы сортировочных горок [1].

Узкие места проблемы. Правила... рекомендуют расчётную температуру наружного воздуха определять как среднюю «...за три наиболее холодных месяца для условий [1]:

– неблагоприятных

$$t_{\text{нб}} = 1/3 \sum_{j=1}^3 (\bar{t}_{mj} + x\sigma_t); \quad (1)$$

– благоприятных

$$t_{\bar{o}} = 1/3 \sum_{j=1}^3 t_{\text{min}}^{\text{cp}}, \quad (2)$$

где \bar{t}_{mj} – средняя температура воздуха j -месяца, °С; x – нормированное отклонение (обычно принимают равным 2 с доверительной вероятностью 0,95); σ_t – среднеквадратическое отклонение температуры воздуха, °С. В рекомендациях говорится о том, что температура наружного воздуха для *благоприятных* условий должна определяться за три наиболее *холодных* месяца, что вызывает некоторые вопросы [1]. Логично было бы предположить, что благоприятными все же являются тёплые месяцы или месяцы расчётные, для которых значения суммарной удельной работы сил сопротивления движению вагона от воздушной среды и ветра, от снега и инея (h_w) имеют наименьшие значения. Следует отметить, что выражения (1) и (2) представлены математически не корректно, следовало бы записать их в виде:

$$t_{\text{нб}} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (\bar{t}_{mj} + 2\sigma_t); \quad t_{\bar{o}} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 t_{\text{min}}^{\text{cp}}$$

Правила... [1] при определении расчётной температуры наружного воздуха для неблагоприятных условий рекомендуют использовать среднеквадратическое отклонение σ_t . Так как, расчётная температура наружного воздуха определяется для неблагоприятных условий, в качестве расчётных должны рассматриваться наиболее трудные случаи и формула (1), следовательно, должна быть представлена в виде:

$$t_{\text{нб}} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (\bar{t}_{mj} - 2\sigma_t). \quad (3)$$

Следующий момент, который требует пояснений. Практика проектирования показывает, что не всегда в самые холодные месяцы года сочетание температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра создает наибольшее сопротивление скатыванию вагонов с горки. При выполнении расчётов по определению метеорологических условий для проектов выправки продольного профиля горочных путей 8 сортировочных горок только на двух из них расчётные месяцы неблагоприятных условий оказались самыми холодными. Такое положение обусловлено тем, что в холодные месяцы в районах нахождения обследованных горок наблюдаются не самые сильные встречные ветры. При этом величина сопротивления от воздушной среды и ветра ($\omega_{\text{св}}$) в большей степени зависит от силы и направления встречного ветра, чем от температуры наружного воздуха. Результаты вычислений, по определению расчётных месяцев с неблагоприятными условиями в районе одной из сортировочных горок представлены в Таблице 1.

Таблица 1

РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Месяц	\bar{t}_{mj} , град	t_{min} , град	t_n , град	$\omega_{св}$, кгс/мс	$h_{св}$, м.ЭН.в.	$h_{св}$, м.ЭН.в.	h_w , м.ЭН.в.
Январь	-15,76	-41	-32	0,58	0,190184	0,7453	0,9355
Февраль	-12,29	-37	-27	0,4	0,131162	0,8974	1,0286
Март	-4,29	-34	-22	0,34	0,111487	0,8306	0,9421
Апрель	2,84	-26	-14	0,24	0,078697	0,8159	0,8946
Май	9,53	-7	0	0	0	0,7817	0,7817
Июнь	16,21	-3	5	0	0	0,5368	0,5368
Июль	18,22	1	8	0	0	0,5053	0,5053
Август	14,04	-2	4	0	0	0,6382	0,6382
Сентябрь	8,36	-6	0	0	0	0,8697	0,8697
Октябрь	1,85	-18	-10	0,2	0,065581	0,9030	0,9686
Ноябрь	-8,00	-39	-27	0,4	0,131162	0,8601	0,9913
Декабрь	-14,01	-40	-30	0,5	0,163952	0,7452	0,9092

Анализ результатов вычислений, представленных в Таблице 1 показал, что расчётными месяцами с наиболее неблагоприятными условиями являются февраль, ноябрь и октябрь. Следовательно, представляется более правильным при определении неблагоприятных условий иметь в виду не самые холодные месяцы, а расчётные, т. е. те, в которые суммарная удельная работа сил сопротивления от воздушной среды и ветра, от снега и инея (h_w) будет наибольшей. При этом необходимо выполнять анализ расчётных параметров климатических условий всех 12 месяцев года. При этом один из трёх расчётных месяцев, как правило, является зимним и может определять расчётную температуру наружного воздуха в большей степени соответствующую неблагоприятным условиям работы горки. Хотелось бы иметь более чёткие разъяснения по определению расчётной температуры наружного воздуха для неблагоприятных условий. Достаточно много сложностей возникает при определении скорости и направления ветра. Отмечено, что «...скорость и направление ветра принимаются наиболее неблагоприятные при данных условиях респуска с учётом влияния порывов ветра [1].»

Скорость каждого направления следует принимать как среднюю за три наиболее холодных (расчётных) месяца и определять по данным (за срок не менее 10 лет) территориальных управлений Гидрометеорологической службы (или метеорологических служб дорог) в соответствии с местом расположения горки». При этом возникает ряд вопросов, требующих разъяснений. Во-первых, для выполнения расчётов по определению расчётных метеорологических условий требуются таблицы повторяемости различных сочетаний скорости и направления ветра по всем 12 месяцам года. Пример оформления Таблицы представлен ниже в Таблице 2.

Таблица 2

ВЕРОЯТНОСТЬ ПОВТОРЯЕМОСТИ СКОРОСТИ ВЕТРА (В РУМБАХ)
 ПО НАПРАВЛЕНИЯМ (РУМБАМ) В ЯНВАРЕ

Скорость ветра, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
0-1	0,047	0,047	0,051	0,046	0,053	0,050	0,065	0,035
2-5	0,053	0,018	0,021	0,026	0,056	0,043	0,153	0,024
6-9	0,019	0,006	0,004	0,010	0,026	0,022	0,068	0,010
10-13	0,004	0,000	0,000	0,001	0,006	0,006	0,015	0,004
14-17	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,008	0,000
18-20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
более 20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Получить таблицы нужной формы в территориальном управлении Гидрометеорологической службы не представляется возможным из-за их отсутствия. Справочники по климату содержат информацию 30-40-летней давности и не по всем требуемым регионам расположения сортировочных горок. Метеорологическая служба дороги статистические данные предоставляет, но при обработке этих данных и составлении таблиц указанной формы остаётся неясным каким образом, учитывать влияние порывов ветра? Можно ли учитывать их, как самостоятельные показания? В инструкции отсутствуют рекомендации на возникающие вопросы [1].

Во-вторых, определяя скорость каждого встречного направления ветра, расчёты следует ли выполнять по трём холодным или все же расчётным месяцам? Как уже было отмечено выше, не всегда расчётные месяцы бывают холодными. Так как, расчётными с наиболее неблагоприятными условиями, как правило, являются месяцы с наиболее сильными ветрами, логично было бы предположить, что все же по расчётным месяцам.

В-третьих, для каких целей в [1] предлагают скорость каждого направления ветра принимать как среднюю за три месяца? Поступая, таким образом, разработчик получает не самые неблагоприятные условия роспуска, так как скорость ветра при таком усреднении получается ниже максимальной, а следовательно удельное сопротивление от среды и ветра ($\omega_{св}$) – меньше.

В районе одной из обследованных сортировочных станций встречными направлению скатывания отцепов с горки являются западный, южный, юго-западный, юго-восточный ветры. Результаты расчётов по каждому встречному румбу представлены в Таблице 3. При этом скорость ветра каждого направления принимается как средняя за три расчётных месяца. Максимальное значение удельной работы сил сопротивления от воздушной среды и ветра ($h_{св}$) определяет направление и скорость встречного ветра.

Таблица 3

СКОРОСТЬ ВЕТРА И УДЕЛЬНАЯ РАБОТА СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ВЕТРА ПО ВСТРЕЧНЫМ РУМБАМ (расчётные месяцы октябрь, ноябрь, февраль)

	З	Ю	ЮЗ	ЮВ
v_B , м/с	4,10	3,72	3,87	2,65
$h_{св}$, М.ЭН.В.	0,443015	0,830154	0,994538	0,576135

Анализируя результаты выполненных расчетов, можно сделать вывод, что наиболее неблагоприятным является юго-западный ветер. Расчётное значение скорости встречного ветра при этом составляет 3,87 м/с. Следует отметить, что если вычисления выполнять по расчётному самому неблагоприятному месяцу (в примере это февраль) расчётное значение скорости встречного ветра увеличивается до 3,93 м/с. Результаты расчётов представлены в Таблице 4.

Таблица 4

СКОРОСТЬ ВЕТРА И УДЕЛЬНАЯ РАБОТА СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ВЕТРА ПО ВСТРЕЧНЫМ РУМБАМ (расчётный месяц февраль)

	З	Ю	ЮЗ	ЮВ
v_B , м/с	4,18	4,39	3,93	2,25
$h_{св}$, М.ЭН.В.	0,466265	1,053211	1,06485	0,53249

Анализ полученных результатов показывает, что значение скорости встречного ветра оказывает существенное влияние на расчётную высоту сортировочной горки. Требуется

пояснения и таблица 4.5 Правил... [1], по которой следует определять удельное сопротивление движению вагона от снега и инея ($\omega_{сн}$).

Согласно п. 4.3 Правил... [1], удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея ($\omega_{сн}$) устанавливается в зависимости от весовой категории вагона и температуры наружного воздуха. И вновь, отсутствуют чёткие пояснения, какая температура наружного воздуха при этом имеется в виду. Видимо, здесь следует учесть низкую расчётную среднесуточную температуру наружного воздуха, но формула для её определения отсутствует. В низкую расчётную среднесуточную температуру наружного воздуха для каждого месяца предлагается определять по формуле: $t_n = \bar{t} + 0,3 \cdot \tau \cdot (t_{min} - \bar{t})$, где t_{min} – абсолютный минимум температуры воздуха, °С [3].

Возможно, последняя формула может быть использована для определения низкой расчётной среднесуточной температуры воздуха, но этот момент должен быть уточнён.

Полный расчёт метеорологических нормативов в соответствии с п.п. 4.11, 4.12 Правил... очень трудоёмкий и требует применения вычислительных средств. Однако утверждённой программы для определения расчётных метеорологических условий не существует [1]. Разработчик, приступая к выполнению расчётов, вынужден, прежде всего, разработать программу расчёта метеорологических нормативов, а это требует владения навыками программирования и не гарантирует нужную точность выполнения расчётов. Усложняет работу наличие значительного количества положений, требующих подробных пояснений, которые в последней редакции Правил... [1] отсутствуют. Возможно, по этой причине отсутствуют расчёты метеорологических условий для проектирования новых и реконструкции существующих сортировочных горок на примере конкретной сортировочной станции [8].

Вывод

Анализируя результаты выполненных исследований по выяснению возможности чёткого определения расчётных климатических параметров, можно отметить, что отдельные положения методики определения расчётных метеорологических условий для проектирования новых и реконструкции существующих сортировочных горок, изложенной в [1], требуют пересмотра и значительной доработки.

Список литературы:

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. 168 с.
2. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР: ВСН-207–89/МПС. М.: Транспорт, 1992. 104 с.
3. Муха Ю. А., Тишков Л. Б., Шейкин В. П. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств. М.: Транспорт, 1994. 220 с.
4. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР: ВСН 56-78 Минтрансстрой СССР, МПС СССР. М.: Транспорт, 1978. 176 с.
5. Шубко В. Г., Правдин Н. В., Архангельский Е. В. Железнодорожные станции и узлы. М.: УМК, МПС России. 2002. 368 с.
6. Научно–прикладной справочник по климату СССР: Серия 3. Ч. 1-6. Вып. 9. Л.: Гидрометеиздат. 1990.
7. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология СНиП 23-01-99. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.
8. Правдин Н. В., Шубко В. Г., Архангельский Е. В. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчёты). М.: Маршрут, 2015. 502 с.

References:

1. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm (2003). Moscow. (in Russian).
2. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh Soyuz SSR: VSN-207–89/MPS (1992). Moscow. (in Russian).
3. Mukha, Yu. A., Tishkov, L. B., & Sheikin, V. P. (1994). Posobie po primeneniyu Pravil i norm proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv. Moscow. (in Russian).
4. Instruktsiya po proektirovaniyu stantsii i uzlov na zheleznykh dorogakh Soyuz SSR: VSN 56-78 Mintransstroj SSSR, MPS SSSR (1978). Moscow. (in Russian).
5. Shubko, V. G., Pravdin, N. V., & Arkhangel'skii, E. V. (2002). Zheleznodorozhnye stantsii i uzly. Moscow. (in Russian).
6. Nauchno–prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR: Seriya 3 (1990). 1-6, 9. L.: Gidrometeoizdat. (in Russian).
7. Stroitel'nye normy i pravila Rossiiskoi Federatsii. Stroitel'naya klimatologiya SNiP 23-01-99 (2003). Moscow. (in Russian).
8. Pravdin, N. V., Shubko, V. G., & Arkhangel'skii, E. V. (2015). Zheleznodorozhnye stantsii i uzly (zadachi, primery, raschety). Moscow. (in Russian).

Поступила в редакцию
16.02.2026 г.

Принята к публикации
25.02.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Ситников С. А. Определение расчётных метеорологических параметров при проектировании новых и реконструкции существующих сортировочных горок // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №4. С. 164-170. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/23>

Cite as (APA):

Sitnikov, S. (2026). Determination of Calculated Meteorological Parameters in the Design of New and Reconstruction of Existing Humpyards. *Bulletin of Science and Practice*, 12(4), 164-170. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/23>