

$$N_m = \frac{W}{P_{\text{ч}} t_{\text{д}}}, \quad (26)$$

где W – объем снега, подлежащего уборке за один цикл снегоочистки (одну метель), м^3 ;

$P_{\text{ч}}$ – эксплуатационная часовая производительность снегоуборочной машины, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{д}}$ – директивный срок очистки дороги от снежных заносов или уборки снежных валов, ч.

Объем убираемого снега W находится из следующего выражения:

$$W = BhZ\beta, \quad (27)$$

где B – ширина дороги, м;

h – глубина отложившегося на дороге снега во время снегопада и метели, м;

Z – длина участка дороги, на котором нужно очистить снег, м;

β – коэффициент задержания снега дорогой (в выемках – 0,9; в нулевых местах, малых насыпях, на участках с ограждениями и возвышающейся разделительной полосой – 0,4).

Директивный срок очистки дороги зависит от эксплуатационной категории дороги и уровня ее содержания. Например, для категории Iэ дороги директивный срок очистки в зависимости от уровня содержания (допустимый, средний, высокий) колеблется в пределах от 4 до 3 ч, а для дороги категории IVэ – от 6 до 4,5 ч.

Глава 6. ОБРАЗОВАНИЕ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ НА ДОРОЖНОМ ПОКРЫТИИ

Зимняя скользкость представляет собой все виды ледяных и укатанных снежных образований на проезжей части дороги, которые резко снижают коэффициент сцепления колес машины с дорогой. Различают как естественное обледенение покрытия, так и искусственное обледенение, образующееся в виде снежного наката под действием колес автомобилей.

Естественное обледенение образуется от замерзания капель дождя, мороси, тумана. Ледяная корка на поверхности дороги появляется при температуре от + 4 до -20 °С. Лед на дороге при резком понижении температуры может образовываться от замерзания луж, которые остались от дождя, прошедшего при положительной температуре. Аналогичное явление

происходит при выпадении мокрого снега, который смерзается в лед. Глубину промерзания ледяных корок можно вычислить по формуле

$$h_{\text{л}} = 0,23k_{\text{в}}\sqrt{Tt}, \quad (28)$$

где $h_{\text{л}}$ – толщина ледяной корки на покрытии, см;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент учета скорости ветра V ; при $V = 0$ $k_{\text{в}} = 1$, при $V = 5 \dots 10$ м/с $k_{\text{в}} = 1 \dots 1,5$;

T – средняя отрицательная температура воздуха в период образования льда, $^{\circ}\text{C}$;

t – время промерзания, ч.

Толщина слоя льда $h_{\text{л}}$ обусловлена микрошероховатостью и ровностью покрытия, от которых зависит толщина слоя воды на дороге. При скапливании воды в выбоинах толщина льда может достигать 2–3 см, а при изморози – от 1 до 2 мм.

Из формулы (28) можно найти время промерзания t :

$$t = \frac{19h_{\text{л}}^2}{Tk_{\text{в}}^2}. \quad (29)$$

В среднем время промерзания колеблется от 1 до 6 ч в зависимости от местных условий.

Гололедные образования появляются примерно за месяц до наступления устойчивых морозов и исчезают спустя месяц после постоянных отрицательных температур. Обычно гололед появляется при ночных заморозках, а в прибрежных районах – в вечерние часы. Скорость образования гололеда довольно высокая и составляет 1...6 ч. Если гололед не ликвидировать, то он может сохраняться на дороге от 5 до 30 ч, снижая коэффициент сцепления колес с дорогой до 0,08... 0,15.

Искусственная скользкость возникает в результате уплотнения выпавшего снега колесами движущихся автомобилей. При образовании снежного наката происходит механическое уплотнение снега до $0,35 \dots 0,5$ г/см³, что снижает коэффициент сцепления до 0,20...0,25 и формирование ледяной корки на снежной поверхности от периодического замерзания и оттаивания слоя наката. При движении автомобилей, особенно при буксовании, в контакте шины с дорогой происходит выделение тепла, что ведет к образованию водяной пленки, которая затем кристаллизуется в лед плотностью $0,6 \dots 0,65$ г/см³; происходит дальнейшее уплотнение и промерзание наката до возникновения на дороге сплошной корки льда плотностью $0,9$ г/см³, что уменьшает коэффициент сцепления до 0,10...0,15.

Более интенсивно формируется слой наката при температуре около 0°C и замедляется, если она ниже минус 10°C .

Водяная незамерзшая пленка появляется на накате при оттепелях, что очень опасно для движения автомобилей, так как коэффициент сцепления становится минимальным – 0,03...0,15.

Мокрый снег, выпавший на снежный накат, еще больше уменьшает сцепление колес автомобилей с дорогой и может привести к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП).

6.1. Методы борьбы с зимней скользкостью

Своевременное удаление зимней скользкости на дорогах имеет большое значение для безопасного движения транспорта. По статистическим данным США, 82 % дорожно-транспортных происшествий приходится на скользкие покрытия и в 4,5 раза реже ДТП происходят на дорогах, где нет снега и льда [6].

Мероприятия по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах можно разделить на следующие виды: повышение коэффициента сцепления колес с дорогой путем россыпи фрикционных материалов, удаление ледяного или снежного слоя с помощью механического, химического, теплового способов, устройство специальных противогололедных покрытий.

В качестве *фрикционных материалов* используются песок, мелкий гравий, отходы дробленого каменного материала, топливный шлак, зола и другие абразивные материалы. Размеры частиц материалов не должны превышать 5...6 мм. Более крупные частицы будут отбрасываться колесами и повреждать ветровые стекла автомобилей, распределителей и могут травмировать людей.

Россыпь на скользкое покрытие производится в основном пескоразбрасывателями, снабженными вращающимся валом или ленточным транспортером. Самым распространенным фрикционным материалом является песок. Содержание глинистых частиц в песке допускается не более 2...3 %. Шлак не должен включать металлические обломки.

В первую очередь абразивные материалы распределяются на пересечении дорог, поворотах, больших уклонах и автобусных остановках, а затем на остальных участках дороги.

Преимуществом фрикционного метода является его простота. Однако он имеет существенные недостатки. Рассыпанный материал повышает коэффициент сцепления колес со скользким покрытием до 0,3 на короткое время, так как материал долго не задерживается на покрытии. Он сдувается завихрениями воздуха, образуемыми после прохода автомобилей, разбрасывается колесами транспорта и переносится ветром.

Эффективность применения абразивных материалов снижается с ростом интенсивности движения. Более устойчивый результат получается при интенсивности движения автомобилей до 500 авт./сут.

При наличии влажного льда использование песка дает более высокий результат в борьбе со скользкостью на дорогах, так как он лучше закрепляется на поверхности.

Рекомендуемая норма расхода песка на прямых участках с продольным уклоном до 20 % при гололедице составляет 0,1...0,2 м³ на 1000 м², а на кривых, уклонах больше 20 %, на пересечениях дорог норму расхода удваивают. Рекомендуемая скорость машины при россыпи материалов – 30...40 км/ч.

Во многих странах проводились опыты по использованию подогретого песка [9]. Однако они не дали желаемого результата, так как мелкие частицы песка легко сдуваются, а оставшаяся часть крупных зерен не обеспечивает должного эффекта.

Песчано-соляная смесь приготавливается путем добавления в песок сухой соли в количестве 15...20 кг/м³. Такая смесь готовится на базах хранения противогололедных материалов.

При высокой интенсивности и большой скорости движения автомобилей песчано-соляная смесь не задерживается на дороге дольше, чем чистый песок без соли. Такая смесь менее агрессивна к окружающей среде по сравнению с применением только одной соли, так как вместе с песком соли распределяется значительно меньше на дорожном покрытии.

Норма расхода песчано-соляной смеси – от 100 до 350 г/м² в зависимости от степени опасности дорожных участков. На кривых и крутых спусках расход смеси больше, а на прямых с небольшими продольными уклонами меньше.

Песчано-соляная смесь может быть приготовлена путем добавления в песок не сухой соли, а соляного раствора. Эта смесь имеет свои преимущества по сравнению с сухой песчано-соляной смесью. Материал удерживается на ледяной корке лучше, так как солевой раствор растворяет поверхность льда. В результате происходит оттаивание льда, песчинки погружаются в ледяную корку и замерзают в ней. Вмерзшие в лед песчинки прочно удерживаются на ледяной поверхности, увеличивая ее шероховатость и коэффициент сцепления.

Химико-механический метод борьбы с зимней скользкостью заключается в распределении по снежному накату твердых или жидких хлоридов. Действие их основано на плавящей способности льда, после чего образовавшуюся рыхлую массу убирают механическим способом при помощи плужных или плужно-щеточных очистителей. Можно использовать и автогрейдеры.

Расход твердых хлоридов на 1 мм толщины корки льда составляет от 15 до 90 г/м, а жидких хлоридов – от 0,08 до 0,15 л/м в зависимости от

вида хлорида и температуры окружающего воздуха. Для уменьшения расхода хлоридов и повышения их эффективности в снежном накате нарезаются продольные канавки глубиной 2...5 см, шириной 6 см на расстоянии 2 см друг от друга. Ножи с режущей кромкой из круглых зубьев прикрепляются к листу, который фиксируется на отвале автогрейдера. Ножи с круглыми зубьями могут разрушать покрытие, поэтому делать канавки нужно с большой осторожностью и не превышать существующую глубину снежного наката.

При распределении твердые или жидкие хлориды в основном попадают в нарезанные канавки и быстрее разрушают снежный накат, а затем он убирается плужно-щеточными машинами. По сравнению с расходом при обычном способе расход хлоридов уменьшается на 30...40 %.

Химический метод основан на применении для плавления снежного наката и льда твердых или жидких химических веществ, содержащих соли. Хлористые соли вступают в реакцию с ледяной поверхностью, сопровождающуюся выделением тепла. Интенсивность реакции зависит от плавящей способности хлоридов (количество расплавленного льда на 1 г соли при данной отрицательной температуре воздуха t за время T). Плавящая способность хлоридов может быть определена по эмпирической формуле

$$q = aT^b, \quad (30)$$

где q – плавящая способность хлоридов (количество расплавленного льда),
г;

a – коэффициент зависящий от вида хлорида; $a = 3...5$;

b – коэффициент, принимаемый в зависимости от температуры воздуха t за время T ; $b = 0,25...0,7$.

С понижением температуры воздуха плавящая способность хлоридов снижается и их расход увеличивается. Например, в формуле (30) большие значения коэффициентов a и b следует принимать при более низких температурах.

Растворы, которые образуются при плавлении льда, могут при низкой температуре сами замерзнуть и стать причиной нового обледенения. Так, раствор хлористого натрия при 23 %-ной концентрации замерзает при температуре окружающего воздуха минус 21 °С, а раствор хлористого кальция 30 %-ной концентрации – при минус 50 °С. Однако концентрация растворов может быть меньшей, поэтому минимальные температуры воздуха, при которых рекомендуется применять твердые хлориды, колеблется от минус 10 до минус 20 °С, а жидкие – от минус 5 до минус 15 °С.

В качестве твердых хлоридов обычно используют различные отходы промышленности.

Техническая поваренная соль NaCl наиболее распространена в природе в виде минералов галита и сильвинита. Из этого сырья выпускают пищевую, в которой содержится до 99,7 % NaCl, и техническую соль, содержащую больше 93 % NaCl.

Применяемая для борьбы с зимней скользкостью техническая соль имеет крупность от 1,2 до 4,5 мм.

Техническая соль из сильвинитовых отвалов – это отходы производства калийных удобрений. Они содержат до 95 % хлористого натрия, 2–3 % хлористого калия и до 1 % хлористого магния. Отходы накоплены в больших количествах в отвалах калийных комбинатов. Частицы соли имеют крупность до 4 мм. Недостатком этой соли является повышенная влажность (8–12 %) и, как следствие, слеживаемость при положительной температуре и смерзаемость при низкой отрицательной температуре окружающего воздуха.

Хлористый кальций CaCl₂ является побочным продуктом производства соды. На вид похож на чешуйки, поэтому называется чешуирированным.

Хлористый кальций фосфатированный – это смесь чешуирированного хлористого кальция с суперфосфатом (ингибитором). Добавка ингибитора в количестве 5...7 % снижает коррозионное действие соли.

Хлористый кальций дороже и более агрессивен к металлам, чем хлористый натрий, поэтому из них создают смесь, которую используют при более низких температурах, чем один чистый NaCl. Оптимальную смесь получают при соотношении NaCl / CaCl₂ как 22/3.

Жидкие хлориды применяются в виде естественных и промышленных рассолов. Они пригодны для борьбы с зимней скользкостью, когда концентрация солей составляет более 150 г/л. Температура замерзания жидких хлоридов от минус 10 до минус 17 °С, поэтому ниже этих температур их использовать нельзя. В табл. 19 приведены значения отрицательных температур, при которых допускается применение рассолов для борьбы с зимней скользкостью.

Таблица 19

Вид рассола	Концентрация		Температура воздуха, до которой допускается применение хлоридов, °С
	%	г/л	
Хлористо-натриевый	15	166	-11
	20	230	-16
Хлористо-кальциевый	15	170	-10
	20	238	-17

Жидкие естественные рассолы содержатся в соленых озерах или их добывают путем бурения скважины глубиной 800...1300 м. Например, на дороге Москва – Санкт-Петербург имеется скважина глубиной 1300 м, из которой получают до 100 м³ рассола в день с содержанием соли 200 г/л [9].

Большое значение для борьбы с гололедом имеет правильное определение необходимого расхода хлорида Q , $г/м^2$. В Германии для расчета дозировки используется эмпирическая формула

$$Q = 16th, \quad (31)$$

где t – температура воздуха ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;

h – толщина корки льда, мм, и снега, см;

Например, при $t = -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и слое льда $h = 0,6$ мм расход хлорида $Q = 16 \cdot 3 \cdot 0,6 = 29\text{ }г/м^2$.

Нормы расхода различных видов хлорида для борьбы со скользкостью в соответствии с ВСН 24-88 [2] приведены в табл. 20 (на 1 мм осадков). Видно, что температура окружающего воздуха и концентрация хлоридов (содержание основного вещества) существенно влияют на норму их распределения.

Таблица 20

Название хлорида	Содержание основного вещества	Накат и рыхлый снег				Гололед		
		Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$						
		-5	-10	-15	-20	-2	-4	-6
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Твердые хлориды, $г/м^2$, на 1 мм осадков								
Хлористый натрий в виде: поваренной соли;	90	20	35	50	65	40	75	100
соли сильвинитовых отвалов;	80	25	40	55	70	45	85	125
смеси солей с хлористым кальцием в отношении 22/3	50	35	65	90	115	70	135	200
Хлористый кальций в виде: чешуированного хлористого кальция	76	25	45	55	70	55	110	150
фосфатированного хлористого кальция	67	30	55	65	80	60	125	170
Жидкие хлориды, $л/м^2$, на 1 мм осадков								
Рассол хлористонатриевый	25	0,05	0,10	0,13	0,15	0,13	0,29	0,48
	20	0,07	0,12	0,16	-	0,17	0,41	0,72
	15	0,10	0,14	-	-	0,25	0,67	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рассол хлористо-кальциевый	35	0,03	0,06	0,08	0,09	0,10	0,21	0,31
	30	0,04	0,08	0,10	0,11	0,12	0,26	0,40
	20	0,06	0,12	0,16	-	0,21	0,52	-

Примечания: 1. Для других температур и концентраций расход хлоридов определяется интерполяцией. Если толщина осадков больше 1 мм, то норму распределения хлоридов умножают на толщину имеющихся на дороге осадков.

2. Прочерк в таблице означает, что данный хлорид при указанной температуре и концентрации применять нельзя.

6.2. Агрессивное действие хлоридов на окружающую среду и его предупреждение

У жидких и твердых хлоридов, используемых для борьбы с зимней скользкостью, во время взаимодействия с ледяной поверхностью происходят агрессивные химические реакции. Эта способность хлоридов вызывает разрушение металлических поверхностей автомобилей, коррозию металлических мостов, труб, бордюров и арматуры железобетонных мостов.

Для борьбы с зимней скользкостью на цементобетонных покрытиях можно применять хлориды через год после завершения строительства, если покрытия были построены из смеси с воздухововлекающими добавками, и через три года, если построены без них. Однако даже небольшое количество солей, накапливаясь в течение многих лет в придорожной полосе, оказывает отрицательное воздействие на рост деревьев, зерновых культур и другую природную растительность.

В связи с агрессивным влиянием хлоридов на окружающую среду в ряде стран высказываются против применения химических материалов при зимнем содержании дорог. Однако зарубежный и отечественный многолетний опыт говорит о том, что хлориды являются эффективным средством борьбы против зимней скользкости.

Попытки отказаться от использования хлоридов ведут к увеличению стоимости зимнего содержания дорог более чем в 3 раза и резкому росту дорожно-транспортных происшествий.

Негативное влияние хлоридов может быть существенно снижено, если будут строго выдерживаться нормы их применения, приведенные в табл. 20.

С целью уменьшения коррозионного действия в хлориды добавляют замедлители коррозии металлов – ингибиторы. Для твердых хлоридов хлористо-натриевого и хлористо-кальциевого состава в качестве добавок

используют однозамещенный фосфат натрия в количестве 2...3 % или суперфосфат в пределах 5...7 %. В соляные рассолы, где основным веществом является хлористый натрий, вводят однозамещенный фосфат натрия в количестве 0,5...1 % и двухзамещенный фосфат натрия 2...3 %. В хлористокальцевые рассолы вводят в качестве ингибитора 2...3 %-ный двойной суперфосфат. Все эти добавки нетоксичны, не угнетают зеленые насаждения и не вредят дорожным покрытиям.

Большим резервом по уменьшению расхода хлоридов является профилактический способ борьбы со снежно-ледяными образованиями. Профилактические мероприятия по распределению хлоридов с учетом прогноза погоды выполняются за 1...3 ч до начала гололеда.

Своевременное распределение хлоридов до возникновения скользкости позволяет с минимальными нормами 5...10 г/м² (ВСН 20-87) предотвращать возникновение скользкости или существенно уменьшать время нахождения покрытия в неблагоприятном состоянии.

Таким образом, необходимо направлять усилия не только на ликвидацию уже образовавшейся скользкости, но также на ее предупреждение. При борьбе с уже возникшей скользкостью во много раз увеличивается расход распределяемых хлоридных реагентов и, как следствие, возрастает отрицательное воздействие на окружающую среду [11].

С целью предупреждения образования снежного наката следует в период снегопада обрабатывать дорожное покрытие химическими реагентами или смесью с песком. При сравнительно большой интенсивности снегопада (1...3 мм/ч) к распределению химических веществ приступают через 10...15 мин после его начала. Во время слабого снегопада интенсивностью 0,5...1,0 мм/ч химические вещества начинают распределять по дороге через 20...30 мин после его начала. Разлив жидких хлоридов также производят в начале снегопада.

После того как выполнена обработка снега противогололедными материалами, нужно выждать время для протекания химической реакции. К удалению снега щетками или плужными снегоочистителями приступают после того, как он под действием химической реакции и колес транспорта превратится в сыпучий снег. Обычно такой снег хорошо выметается с дорожного покрытия через 2...3 ч после воздействия химических реагентов.

6.3. О применении пескосоляной смеси

Довольно широкое распространение получила борьба с зимней скользкостью путем посыпки покрытия пескосоляной смесью. Однако песок остается на дороге и весной загрязняет территорию и забивает водостоки. Когда грязь высохнет, над дорогой поднимаются клубы пыли, что отрицательно влияет на здоровье населения.

Дорожным службам приходится тратить значительные средства, чтобы очистить дорожную территорию и вывезти грязь на свалку.

Если не применять песок, а использовать только одну техническую соль – хлористый натрий (NaCl), то лед на дороге будет быстро таять. Образуется снежная «каша», которая затрудняет движение транспорта и может привести к авариям. Кроме того, соль отрицательно действует на обувь, животных, растения и автомобили. Пары солей натрия поднимаются в воздух на 15 м и разъедают вставки электропроводов троллейбусных линий.

Техническая соль обладает высокой коррозионной активностью и разъедает трубы, канализацию, металлические части автомобиле, автобусов, троллейбусов и трамваев.

Экологи и дорожные службы пришли к выводу, что использовать соль для борьбы с гололедом вредно и нужно переходить на применение противогололедных материалов с меньшим содержанием хлоридов, например использование раствора модифицированного хлористого кальция (ХКМ). Недостатком ХКМ является его непродолжительный срок действия (до трех часов). Приходится обрабатывать проезжую часть несколько раз в сутки и столько же раз убирать снежную массу с дороги.

Следует отметить, что все реагенты, прежде чем применяться, должны пройти экологическую экспертизу. Реагенты можно использовать, если они признаны безопасными.

В связи с техническим прогрессом изменен подход к техническому обеспечению и самой технологии распределения реагентов. На автомашинах устанавливаются компьютеры с автоматическим распределением реагентов. Водитель заносит в базу данных температуру воздуха, количество выпадающего снега, время предстоящего изменения погоды. На основе этих данных компьютер определяет нормы распределения реагентов (твердые – в диапазоне от 15 до 60 г/м², а жидкие – от 10 до 35 мм/м²).

6.4. Об обработке зимой дорог мелким щебнем

В этом случае не нужно применять химические реагенты. Щебень рассыпается на покрытие, и сцепление колес автомобилей с дорогой будет обеспечено. Однако снежных накатов не удастся избежать. Будет образовываться колея. Это объясняется тем, что в наших условиях зимой происходят оттепели и щебенка не будет держаться в снегу.

Совершенно другая картина наблюдается в Финляндии, где зимой не бывает плюсовой температуры и щебенка вмерзает в снег на дороге на всю зиму.

Использовать щебенку для повышения сцепления колес со снежным покрытием можно в районах, где не бывает положительной температуры в зимний период.

6.5. Снегосплавные пункты

Вывозка снега из городов на специальные свалки представляет собой трудоемкую операцию. Нужны специальные погрузчики и самосвалы.

Накапливать снег на газонах или сбрасывать его в реки запрещено, так как в снежных отложениях накапливаются токсичные вещества, выбрасываемые автомобилями и промышленными предприятиями.

Для утилизации снега применяются специально оборудованные снегосплавные пункты, когда от растопленного снега талая вода, прежде чем попасть в канализационную систему и в реку, проходит очистное сооружение. Например, в г. Москве в 2006 г. зимой эксплуатировалось более 20 снегосплавных пунктов с суточной производительностью 200000 м³ снега. Было организовано видеонаблюдение с выводом сигнала на единый диспетчерский пункт. Таким образом осуществляется координация работы всех снегосплавных пунктов. Дорожно-эксплуатационные предприятия закрепляются за конкретными снегосплавными пунктами. В результате ликвидируются встречные перевозки и очереди самосвалов при разгрузке снега в снегосплавной пункт.

На разгрузку одного самосвала в среднем тратится 5 мин. На практике находят применение мобильные снеготаялки. Для их работы выделяется площадка, которая имеет выход в канализационную систему. Размер площадки должен быть достаточным для разгрузки снега прибывающими самосвалами. Перегружают снег в снеготаялки фронтальные погрузчики.

Главная задача при зимнем содержании дорог – как можно быстрее освободить проезжую часть от снега, временно накопив его на площадке. Затем растапливать его можно продолжительное время.

Таким образом, при предлагаемой схеме работа снеготаялок не является сдерживающим фактором, а снег с дорог убирается и доставляется непрерывно на площадки.

На практике хорошо зарекомендовали себя канадские снеготаялки фирмы «Трекан», которые могут перерабатывать от 20 до 80 т снега в час.

Имеются снеготаялки на пневматических колесах, они перевозятся на трейлерах и устанавливаются в нужном месте.

Для таяния снега снеготаялки оборудуются газовыми горелками. Вода, образующаяся от таяния снега, имеет температуру 3 °С.

6.6. Гололедобезопасные покрытия

Гололедобезопасные покрытия основаны на физико-химическом методе придания покрытию противогололедных свойств за счет введения в его состав химических добавок. Этот метод снижает адгезию льда (силы сцепления льда) с покрытием.

Одной из первых таких добавок стал материал Verglimit, разработанный в конце 1970 г. в Швейцарии фирмой Пластроуте. Verglimit представляет собой многокомпонентный антиобледенитель, состоящий из частично кристаллизованного хлорида кальция (80 %) и гидроокиси натрия (5 %). Антиобледенитель равномерно распределялся в асфальтобетонной смеси верхнего слоя дорожной одежды в количестве 5 % от массы мелкозернистого каменного материала [12].

Применение в качестве добавок материала Verglimit в США, Канаде, Германии и Швейцарии привело к замедлению образования гололеда и снижению количества дорожно-транспортных происшествий. Однако стоимость асфальтобетона с антиобледенителем увеличилась в три раза. Экономические расчеты показывают, что добавку Verglimit можно применять при интенсивности движения более 5000 авт./сут, что значительно сокращает область его использования.

В начале 1980 гг. разработкой антигололедных покрытий занимались в нашей стране Михайлов А.В., Королев И.В., Касымов А.И., Лившиц В.А., Гончаров Ю.П. и др. [13, 14]. Они вводили в асфальтобетонную смесь побочный продукт повторной плавки алюминиевых сплавов на основе хлоридов калия и натрия в количестве 7 % от массы асфальтобетона.

Недостатком такого покрытия является его повышенная пористость и, как следствие этого, повышенная влажность дорожного покрытия летом. Кроме того, снижается износостойкость покрытия из-за его шелушения. Данное антигололедное покрытие распространения не получило.

Последующие исследования также не получили широкого внедрения из-за высокой стоимости асфальтобетонной смеси, сравнительно короткого срока службы (от 2 до 6 лет) и существенных климатических ограничений, так как антигололедные покрытия действуют эффективно только до температуры минус 5...7 °С [15].

В начале 1990 гг. Гриневиц С.В., Каменецкий Л.Б., Лысенко В.Е. предложили антигололедный реагент Грикол, получаемый в результате совместного помола 90 % хлористых солей натрия и кальция и 10 % кремниевого органического гидрофобизатора. Добавка Грикол вводится в горячую асфальтобетонную смесь во время ее приготовления в смесителе на асфальтовом заводе.

Смесь обладает плавающей лед способностью и снижает его адгезию с дорожным покрытием. Уменьшается коррозионное воздействие на металлические детали автомобилей.

Смесь с Гриколом действует следующим образом. В процессе эксплуатации дороги под действием колес автомобилей обнажается поверхность с включением солей, которые ослабляют адгезию (сцепление) льда с проезжей частью. Частицы соли освобождаются от кремнеорганической оболочки и вступают в реакцию с частичками льда, образуя солевой раствор, который приводит к ослаблению сцепления льда с асфальтом.

В табл. 21 приводятся значения прочности сцепления льда с поверхностью асфальтобетона в зависимости от процентной добавки Грикола.

Таблица 21

Количество Грикола в смеси асфальтобетона, %	Разрушающее усилие при сдвиге льда по покрытию, кг	Прочность сцепления льда с поверхностью асфальтобетона, кг/см ²
0	61	0,43
5	12	0,09
7	9	0,06

Введение 5 %-ной добавки Грикола в асфальтобетонную смесь обеспечивает антигололедный эффект и уменьшает адгезию льда с поверхностью покрытия при температуре от +4 до минус 7 °С [11].

К недостаткам асфальтобетонной смеси с Гриколом следует отнести сравнительно большую ее стоимость (в 2 раза выше, чем у обычного асфальта) и ограничение ее действия только до температуры минус 7 °С.

6.7. Создание антигололедных дорожных покрытий на основе нанодисперсных технологий

Обнадеживающие результаты по созданию гололедобезопасных дорожных покрытий на основе нанодисперсных технологий дают исследования, проводимые профессорами Силуковым Ю.Д. и Свиридовым В.В. в Автомобильно-дорожном институте Уральского государственного лесотехнического университета.

Сущность способа заключается в том, что с использованием нанодисперсной технологии создаются дорожно-строительные материалы с новыми свойствами, позволяющие увеличить прочность автомобильных дорог и создавать противогололедные дорожные покрытия.

Предлагаемые дорожные покрытия обладают водоотталкивающими (гидрофобными) свойствами, что позволяет исключить образование гололеда на дороге. При этом предотвращается глубокое проникновение влаги в толщу дорожной одежды с последующим ее замерзанием. Это ведет к повышению прочности слоев дорожной одежды, так как их материалы не разрушаются от замерзания воды.

Водоотталкивающие свойства дорожного покрытия исключают образование сплошного слоя гололеда. Капли воды не образуют растекающейся по поверхности дорожного покрытия пленки. Они замерзают в виде легко отделяющихся микросфер, что позволяет легко очищать покрытие с

помощью серийных дорожных машин или удалять колесами проезжающих автомобилей.

В виде примера на рис. 21 приведены кривые адгезии (сцепления) льда с асфальтобетоном в зависимости от окружающей температуры для обычного покрытия и покрытия с антигололедными свойствами. Эксперименты выполнены в лабораторных условиях на специальном стенде.

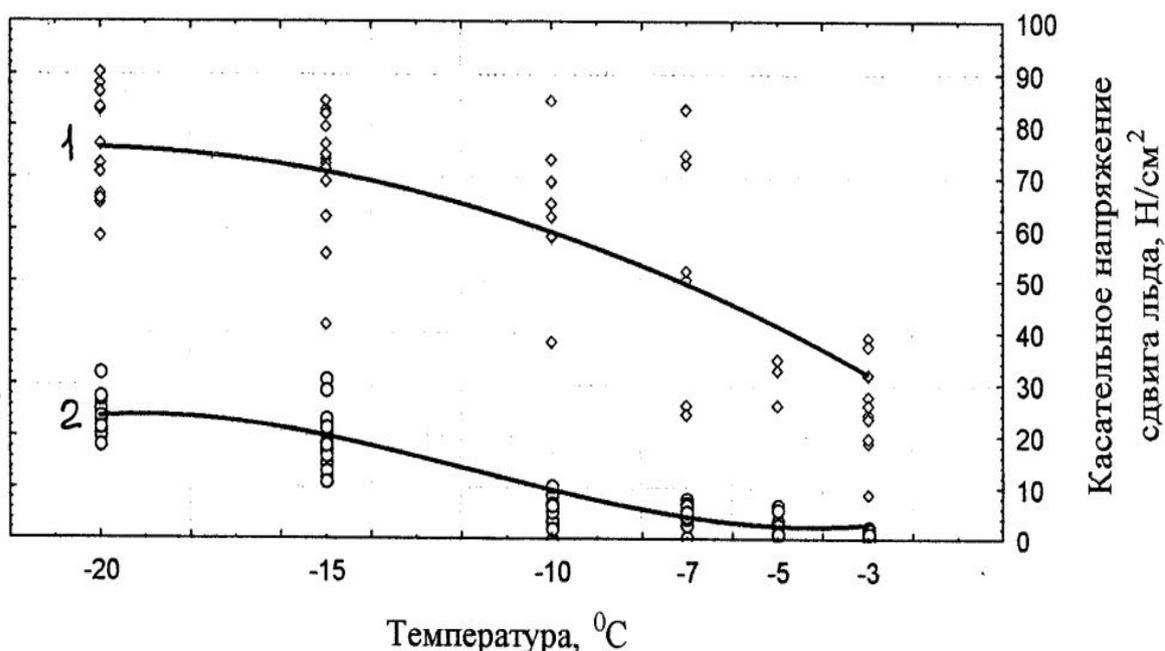


Рис. 21. Величина касательного напряжения сдвига льда с асфальтобетонного покрытия:
 1 – обычное асфальтобетонное покрытие;
 2 – покрытие, выполненное из материалов с антигололедными свойствами

Из графика (см. рис. 21) видно, что на дорожном покрытии, выполненном из материалов с антигололедными свойствами, касательные напряжения сдвига льда во много раз ниже, чем на обычном покрытии. Так, при температуре минус 3 °С на антигололедном покрытии касательное напряжение сдвига льда составляет 3 Н/см², а на обычном асфальтобетоне – 32 Н/см², или в 10 раз больше.

Из приведенного примера видно, что применение дорожных материалов с новыми свойствами, полученными на базе нанодисперсных технологий, имеет большое практическое значение для нормальной эксплуатации автомобильных дорог в зимнее время.