

УДК 62-192:620.193.21

С.Л. Хачатурян, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Вплив кліматичних факторів на надійність будівельно-дорожніх машин

У статті проаналізовано вплив кліматичних умов на надійність будівельно-дорожніх машин. Розглянуто вплив кліматичних факторів на властивості матеріалів і конструктивні особливості будівельно-дорожніх машин. Визначено характер безпосереднього впливу кліматичних факторів на підсистем, механізмів і обладнання будівельно-дорожніх машин

кліматичні фактори, будівельно-дорожні машини, надійність будівельно-дорожніх машин

Постановка проблеми. Експлуатація будівельно-дорожніх машин (БДМ) на відкритому повітрі ставить їх в умови активного та, як правило, вельми несприятливого діяння кліматичних факторів, до найголовніших з яких відносяться низькі та високі температури повітря, добові та річні амплітуди цих температур, сонячна радіація, вологість повітря, опади та вітер. Несприятливі діяння на БДМ здійснюють такі атмосферні явища, як тумани, завірюхи, іній, ожеледиця, пилові та піщані буревії та ін. У результаті несприятливого діяння кліматичних факторів властивості конструкційних і експлуатаційних матеріалів різко погіршуються. Зміна властивостей матеріалів, які використовуються, та пряме діяння деяких атмосферних явищ приводять до зниження надійності БДМ і ефективності їх використання.

Надійність роботи та ефективність використання БДМ, які експлуатуються на відкритому повітрі, в значній мірі визначаються ступенем відповідності, пристосованості їх конструкції до експлуатації в заданих кліматичних умовах, тобто їх кліматичною надійністю. Використання БДМ, непристосованих (нерозрахованих) для роботи в даних зонах, викликає в загальнодержавному масштабі значні невиробничі витрати.

Ефективне промислове освоєння та розвиток районів із складними кліматичними умовами можливе на основі широкого використання парку БДМ, які надійно працюють у цих районах.

Вирішення проблеми забезпечення оптимальної надійності БДМ при їх експлуатації в різних кліматичних умовах вимагає розробки питань кліматичної надійності БДМ і узагальнення накопиченого досвіду створення машин, розрахованих на роботу в певних кліматичних умовах.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми забезпечення надійності БДМ і дослідження різноманітних факторів впливу на надійність протягом останніх десятиліть перебувають у сфері наукових інтересів як вітчизняних вчених, так і дослідників зарубіжних країн. Серед публікацій необхідно відмітити роботи В.Я. Аніловича, Б.О. Бондаровича, П.І. Коха, В.В. Нічке, П.П. Ощенко, В.О. Ряхіна, Д.І. Федорова, О.А. Чооду. Проте вирішення проблеми забезпечення оптимальної надійності БДМ вимагає розробки питань кліматичної надійності БДМ і узагальнення накопиченого досвіду створення БДМ, розрахованих на роботу в певних кліматичних умовах.

Мета статті. Аналіз комплексного впливу несприятливих кліматичних факторів і атмосферних явищ на властивості матеріалів, окремих механізмів, систем і на надійність БДМ у цілому.

Виклад основного матеріалу. На властивості конструкційних матеріалів БДМ і, як наслідок, на надійність БДМ суттєво впливають далеко не всі кліматичні фактори та атмосферні явища. До факторів і явищ, які не здійснюють безпосереднього впливу на надійність БДМ, відносяться склад і форма хмар, дати перших заморозків, температура верхніх шарів ґрунту та ін. [2].

Найбільш суттєво на технічні пристрої впливають сонячна радіація, низькі та високі температури повітря, вологість повітря, швидкість вітру, тумани, завірюхи, пилові буревії та ін. (рис. 1). Зміни властивостей матеріалів залежать також від інтенсивності та тривалості діяння перерахованих факторів і їх найбільш несприятливого поєднання.

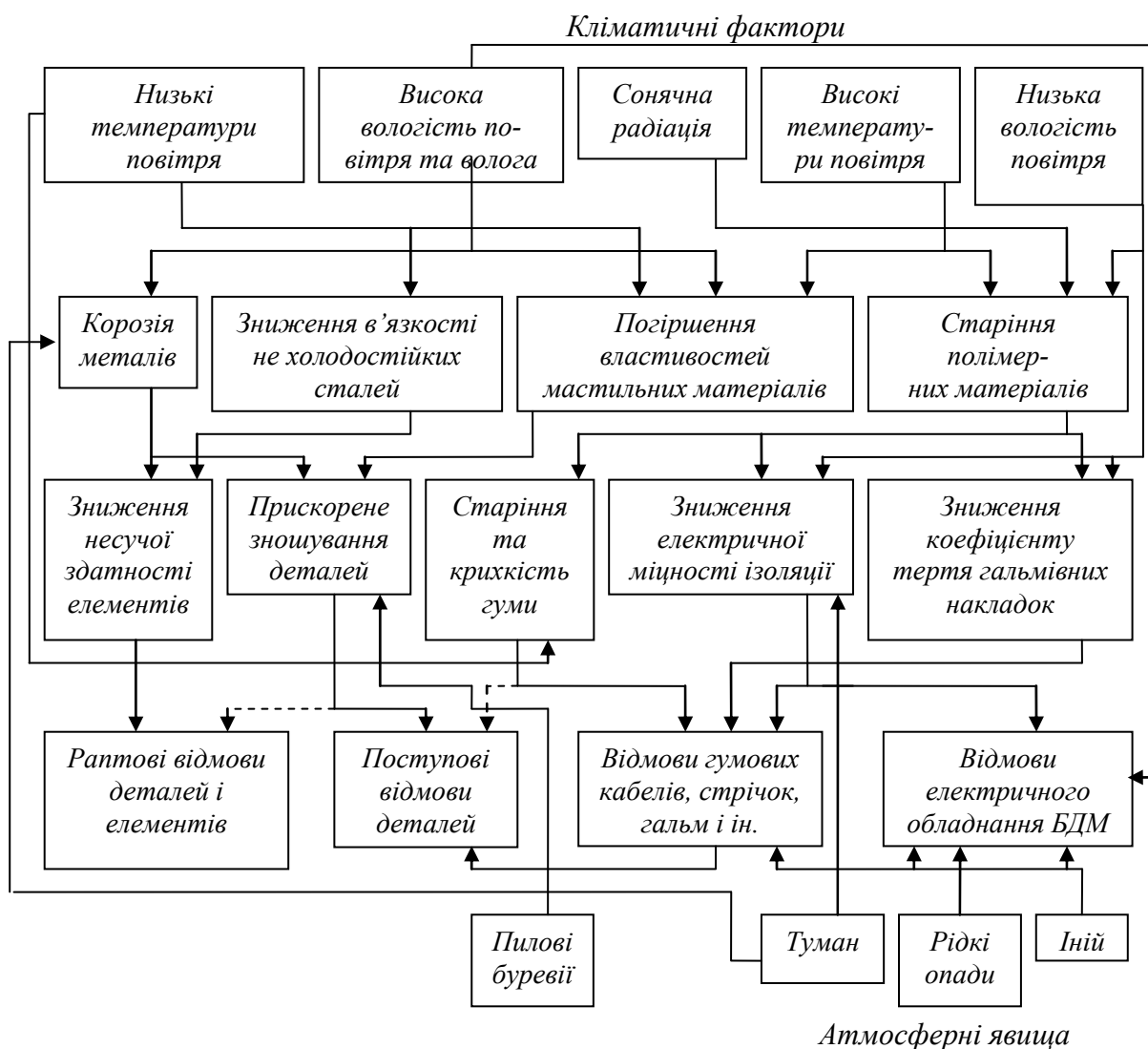


Рисунок 1 - Схема комплексного впливу основних кліматичних факторів і атмосферних явищ на властивості матеріалів і надійність БДМ

Примітка: Складено за джерелом [2, с. 27]

Діяння кліматичних факторів викликає певного виду відмови, інтенсифікує потоки відмов, які виникають у результаті випадкових перевантажень, явищ стомлюваності в металі, дії сил тертя, недосконалості структурної схеми БДМ і ін.

На БДМ, механізми та обладнання при експлуатації на відкритому повітрі діють кліматичні фактори та атмосферні явища, що викликають зміну фізичних і хімічних властивостей матеріалів, які використовуються в конструкціях (метали, пластмаси, гуми та ін.) або які використовуються при їх експлуатації (мастильні матеріали, технічні рідини та ін.). Ці зміни в переважній кількості випадків викликають погіршення службових (експлуатаційних) властивостей матеріалів – зниження несучої здатності металів, коефіцієнту тертя фрикційних матеріалів, електричної міцності ізоляційних матеріалів і ін. Крім того, кліматичні фактори та атмосферні явища погіршують умови роботи пар тертя і механізмів БДМ внаслідок потрапляння в них вологи, снігу, інею, пилу та ін.

Погіршення експлуатаційних властивостей матеріалів і умов роботи механізмів БДМ викликає пускові та навантажувальні відмови, при котрих БДМ не може бути пущена в роботу (пуск у роботу при низьких температурах, наприклад, двигунів внутрішнього згорання) чи не може бути навантажена до розрахункових параметрів (буксування стрічкових конвеєрів і автомобілів при ожеледиці та ін.), і прискорює появу раптових і поступових відмов при роботі БДМ.

Оскільки під дією кліматичних факторів знижується надійність БДМ – насамперед змінюються властивості конструкційних і експлуатаційних матеріалів, слід розглядати вплив кліматичних факторів на ці матеріали [3].

Дія сонячної радіації на металеві елементи БДМ викликає підвищення температури як самих елементів, так і об'єму повітря, що знаходиться всередині цих елементів (кузовів, кабін керування, корпусів редукторів і ін.). У полімерних матеріалах, які використовуються в конструкціях БДМ, під дією сонячної радіації виникають складні процеси, що викликають старіння цих матеріалів. Крім того, сонячна радіація є основним фактором формування теплового режиму атмосфери та поверхні землі. Тому вплив на властивості матеріалів низьких і високих температур повітря визначається, в кінцевому розрахунку, впливом сонячної радіації на тепловий режим повітря.

Вплив низьких і високих температур на властивості матеріалів у більшості випадків носить діаметрально протилежний характер. Крім того, швидка зміна цих температур (протягом доби чи декількох годин) збільшує ефект шкідливого їх діяння на БДМ.

При різкій зміні температури повітря в елементах металоконструкцій можуть виникнути значні додаткові напруження, що викликаються різними швидкостями теплових розширень цих елементів. Найбільші температурні напруження виникають в тонких елементах, поміщених у жорсткий контур, так як зміна їх довжини відбувається швидше (особливо при вітрі) у порівнянні із зміною довжини масивних елементів.

При різкій зміні температури повітря відбувається нерівномірне охолодження чи нагрівання масивних деталей БДМ, що викликає додаткові напруження в матеріалі. Найбільші напруження виникають при різкому охолодженні деталей.

Внаслідок помірно континентального клімату України річна амплітуда температури повітря досягає 80°C [6]. При таких амплітудах температур значно змінюється опір обмоток, що викликає порушення режимів роботи електричних машин.

Діелектрична проникність повітря залежить від щільності повітря (тиску), вологості та температури. Низькі та високі температури разом з відповідною їм вологістю повітря впливають на напругу пробую повітряного зазору при даному тиску повітря. Різкі зміни температури, вологості, тиску повітря порушують роботу електричних установок, в яких повітря є ізолятором (струмопідвідні пристрої електричних кранів, екскаваторів і ін.).

У результаті різких змін температури на захисних лакових покриттях утворюються тріщини. При різних температурних розширеннях матеріалів (наприклад, сталі та шару фарби) відбувається розшарування цих матеріалів, і внаслідок цього відшарування, лущення та видалення шару фарби з металевих поверхонь.

При значних змінах тиску повітря погіршується робота карбюраторних двигунів і оливних трансформаторів.

Характер несприятливого впливу вологості повітря на матеріали залежить від відсоткового вмісту вологи в повітрі. При великому вмісті вологи в повітрі (більше 90%) вона знижує службові властивості матеріалів, проникаючи всередину цих матеріалів або утворюючи на їх поверхні плівки рідини. При малому вмісті вологи в повітрі (нижче 50%), волога, що міститься в матеріалах, випаровується в повітря, що також змінює властивості матеріалів: вони стають крихкими, в них з'являються тріщини.

Найбільш активно вологу з повітря поглинають гігроскопічні матеріали, наприклад ізоляційні, виготовлені на основі хлопку та паперу. Всередину матеріалу волога може проникати при поглинанні її матеріалом (капілярна конденсація) чи проникненні в структуру полімеру (в міжмолекулярні проміжки), а також через тріщини та великі пори в матеріалі. Насичення вологою таких матеріалів, як гума та деяких інших відбувається шляхом осмосу.

Швидкість проникнення вологи в матеріал збільшується при підвищенні температури оточуючого повітря. Волога, поглинута матеріалом або та, що проникла в нього іншими шляхами, різко знижує його об'ємний опір.

Осідаючи на поверхні матеріалу, волога утворює тонку плівку, в результаті поверхневий опір матеріалів знижується на декілька порядків. Найбільше зниження поверхневого опору ізоляторів відбувається при забрудненні плівки продуктами газів і пилу.

При осіданні вологи на металеві поверхні створюються сприятливі умови для атмосферної корозії металів. Цей вид корозії є найбільш розповсюдженим, і його частка складає біля половини загальних втрат металу від корозії. На швидкість атмосферної корозії крім вологості повітря впливає склад і забрудненість атмосфери та туману та температура повітря. Найбільш забруднені плівки вологи утворюються при діянні туману, так як він у найбільшій мірі здатен поглинати та переносити продукти забруднення повітря. При підвищенні вологості повітря, його температури та вмісту в повітрі та тумані солей, продуктів газів і пилу швидкість корозії збільшується.

Волога, що міститься в повітрі, взаємодіючи з рідкими мінеральними оливами (в картерних і інших мастильних системах машин), обводнює їх, внаслідок чого знижуються мастильні та антикорозійні властивості олив. Взаємодіючи з консистентними мастилами на натрієвій основі, волога утворює водні емульсії, в результаті чого мастила можуть повністю втратити свої властивості як мастильні матеріали.

Попадання вологи в горючі матеріали (бензин і ін.) викликає порушення роботи двигунів внутрішнього згорання.

Низька вологість повітря викликає висихання матеріалів, їх усихання та короблення. Зниження вмісту вологи в ізоляції обмоток електричних машин підвищує опір цієї ізоляції. У той же час усихання ізоляції викликає утворення в ній мережі тріщин, які, блокуючи певні ділянки, приводять до викришування та руйнування ізоляції. Вміст вологи в повітрі різко змінюється протягом доби та року, а також при дощу та туману. Ця волога легко проникає в тріщини та оголені ділянки ізоляції та різко знижує її опір.

На надійність БДМ вітер здійснює різноманітний вплив: в одних випадках – сприятливий, в інших – несприятливий вплив на процеси в матеріалах, механізмах і елементах БДМ [4]. Крім того, вітер при великих швидкостях діє на БДМ як силовий (навантажувальний) фактор, створюючи додаткові напруження в елементах БДМ.

Вплив вітру на процеси в матеріалах проявляється головним чином у порушенні теплового балансу тіл. При нагріванні тіла сонячними променями вітер внаслідок конвекції повітря збільшує тепловіддачу поверхні тіла в повітря (власне теплове випромінювання поверхні).

Як силовий фактор вітер, діючи на БДМ, впливає на їх стійкість і напруження в елементах. При вітрі «неробочого стану», крани, що працюють на відкритому повітрі, повинні вимикатися з роботи, а їх угон і перекидання попереджуватися вмиканням протиугінних пристроїв.

Значні зміни атмосферного тиску несприятливо впливають на роботу карбюраторних двигунів внутрішнього згорання, турбокомпресорів, трансформаторів, електричних пристроїв, у котрих як ізоляційні середовища використовується повітря та ін. Так, при значному зменшенні атмосферного тиску повітря зменшується напруга пробою повітряного проміжку між провідниками. Ймовірність пробою збільшується на 30% при зниженні тиску з 1013 до 709гПа (з 1 до 0,7ат), що відповідає підйому на висоту біля 3000м над рівнем моря.

Атмосферний (барометричний) тиск значно змінюється із зміною висоти місцевості над рівнем моря. Тому найбільший вплив атмосферний тиск здійснює на БДМ при роботі у високогірних умовах.

При пилових і піщаних буревіях у повітрі міститься велика кількість (1500мг/м³ і більше) твердих частинок пилу та піску. Переміщуючись у повітрі, ці частинки при контакті з відкритими поверхнями матеріалів (гумою, ізоляційними матеріалами та ін.) стирають їх. Потрапляючи до вузлів тертя сковзання, тверді частинки пилу та піску багатократно збільшують швидкості абразивного зношування контактуючих поверхонь. У підшипниках кочення пил і пісок крім збільшення швидкості зношування елементів можуть викликати заклинювання. Це відбувається в тих випадках, коли

частинки піску та пилу заповнюють зазор між кільцями та роликками чи кульками підшипників.

Осідаючи на обмотках електричних машин і апаратів, пил зменшує їх тепловіддачу в повітря, що призводить до перегрівання обмоток. Підвищення температури ізоляції обмоток різко зменшує терміни їх служби.

Пил, який містить частинки вугілля та металевих руд, при осіданні на ізоляторах, колекторах електричних машин і на відкритих струмоведучих частинах машин може викликати короткі замикання на корпус або між фазами.

При пилових і піщаних буревіях частинки пилу та піску заносяться в мастильні, гідравлічні та пневматичні системи машин, що збільшує зношування деталей [1]. Слід відмітити високу проникаючу здатність дрібного пилу, для котрого в багатьох випадках існуючі системи ущільнень не створюють нездоланих перешкод.

Під час пилових буревіїв пил і пісок, потрапляючи між гальмівним шківом і фрикційними накладками гальм, збільшують коефіцієнт тертя і гальмівний момент, який розвивається гальмами. За незмінною характеристикою гальм і інерційних мас це призводить до зменшення часу гальмування. У гальмівних системах БДМ таке (раптове) збільшення моменту, що розвивається гальмом, може призвести до небезпечного збільшення інерційних навантажень на елементи механізмів і металоконструкції БДМ.

Іній, осідаючи на матеріалах, не здійснює суттєвого впливу на їх структуру. У той же час, проникаючи в тріщини та великі пори ізоляційних матеріалів, іній може значно знизити їх питомий електричний опір. Осідаючи товстим шаром на неізольованих електричних провідниках, іній зменшує повітряний діелектричний проміжок між цими провідниками, що може викликати замикання провідників. Осідаючи на ізоляторах, голих дротах і опорних конструкціях ізоляторів, шар інею створює умови для пробоя на корпус.

Ожеледь і ожеледиця викликають утворення шару криги на поверхні матеріалів, а у гігроскопічних вологих матеріалів, крім того, утворення частинок криги в порах, що знижує електричний опір цих матеріалів. В останньому випадку найбільш небезпечна ожеледиця, що виникає після відлиги та дощу при різкому похолоданні. При замерзанні вологи, що проникає в матеріал, відбуваються мікро руйнування цього матеріалу, що викликаються збільшенням об'єму криги.

При переході криги в рідку фазу (при відлизі чи нагріванні матеріалу) збільшені розміри пор у багатьох випадках зберігаються, що створює пухкість матеріалу. Крига чи вода, що утворюється при її таненні, знижують опір ізоляції електричних провідників. Утворюючись на голих дротах і ізоляторах крига викликає таке ж порушення в роботі електричних пристроїв, що й іній.

При заметілях сніг заноситься в найбільш важкодоступні, та, здавалося б, добре захищені місця БДМ. У результаті в багатьох випадках сніг здійснює діяння на матеріали та пристрої БДМ, які в більшості випадків на це не були розраховані. Діяння на матеріали мокрого снігу чи снігу, що тане на поверхні матеріалу, аналогічне діянню вологи, туману та роси. Сніг, який заповнив повітряний проміжок між неізольованими електричними провідниками, знижує до нульового значення опір повітря, як ізоляційного середовища.

Сухий сніг при заметілях здійснює абразивний вплив на поверхні матеріалів (лакові покриття, ізоляції, пофарбовані поверхні елементів БДМ і ін.).

У реальних умовах на машини, що експлуатуються на відкритому повітрі, діє весь комплекс кліматичних факторів. Ефект цього діяння визначається дією кожного з факторів, а також їх взаємодією. У багатьох випадках на властивості матеріалів, надійність БДМ і системи людина – машина – об'єкт діяння машини визначальний вплив здійснюють не стільки кліматичні фактори самі по собі, скільки їх несприятливе сполучення [5].

Найбільш несприятливе сполучення діяння таких факторів як низькі температури повітря та вітер, високі температури повітря та низька вологість і ін.

Властивості матеріалів під дією окремих кліматичних факторів або комплексу цих факторів змінюються в часі й тому залежать не тільки від характеру та інтенсивності діяння, але й від його тривалості. Чим більше тривалість дії кліматичних факторів, тим у більшій мірі змінюються властивості матеріалу.

Значна частина процесів зміни властивостей матеріалів під дією кліматичних факторів є процесами, котрі більш менш повільно протікають у часі (старіння полімерних матеріалів, корозія металів і ін.), що пояснюється уповільненими швидкостями хімічних і фізичних процесів у матеріалах, і періодичною дією кліматичних факторів. Цей періодичний характер визначається добовим і річним ходом (розподіленням у часі) кожного з факторів. Тривалість же можливого діяння кожного з кліматичних факторів залежить від клімату місця розташування зразків або експлуатації БДМ.

Висновки. З розгляду впливу та діяння окремих кліматичних факторів і їх комплексів видно, що безпосередній вплив більшості цих факторів має направлений вибіркового характеру. Окремі кліматичні фактори впливають або тільки на певні матеріали, чи тільки на певні властивості цих матеріалів (табл. 1). Так, високі температури повітря не впливають на механічні властивості металів, але впливають на їх електропровідність.

Таблиця 1 – Характер безпосереднього впливу кліматичних факторів

Кліматичний фактор	Матеріали, на котрі цей фактор	
	впливає	не впливає
Сонячна радіація	Полімерні та олігомерні матеріали	Метали, технічні рідини
Низькі температури повітря	Метали, полімерні матеріали, технічні рідини	–
Високі температури повітря	Полімерні матеріали, технічні рідини, метали	Сталі (їх структуру)
Вологість повітря	Метали, полімерні матеріали, технічні рідини	Керамічні матеріали
Вітер	Полімерні матеріали	Метали

Фактори холодного клімату найбільший вплив здійснюють на матеріали, що використовуються в механічних підсистемах БДМ (сталі, пластмаси, технічні рідини та ін.), а фактори жаркого клімату найбільший вплив здійснюють на матеріали, що

використовуються в електричних підсистемах БДМ (ізоляційні матеріали, ізоляційні та покривні лаки та ін.). Цей спрямований характер діяння кліматичних факторів визначає види та параметри потоку відмов механічних і електричних підсистем БДМ при їх експлуатації в різних кліматичних зонах і в різні періоди року.

Таким чином, вплив кліматичних факторів на надійність складної БДМ слід розглядати по відношенню до її підсистем, механізмів і обладнання, а не по відношенню до всієї БДМ у цілому.

Список літератури

1. Дмитриев В.А. Влияние климатических условий эксплуатации на тепловой режим гидросистемы и производительность одноковшовых экскаваторов / В.А. Дмитриев. – СПб, 1981.
2. Кох П.И. Климат и надёжность машин / П.И. Кох. – М.: Машиностроение, 1981. – 175 с.
3. Кричевский Ю.И. Влияние климата на надёжность машин и механизмов / Ю.И. Кричевский. – Минск.: Наука и техника, 1968. – 92 с.
4. Ощенко П.П. Оценка влияния надёжности автомобиля КамАЗ на безопасность дорожного движения в условиях Севера: дис. ... кандидата техн. наук: 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» / Ощенко Пётр Платонович. – Якутск, 2000. – 146 с.
5. Чооду О.А. Разработка методики оценки влияния климатических условий на эксплуатацию дорожно-строительных машин: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины» / Чооду Остап Андреевич. – Санкт-Петербург, 2009. – 128 с.
6. Веб-сайт: www.lnu.edu.ua.

С. Хачатурян

Влияние климатических факторов на надёжность дорожно-строительных машин

В статье проанализировано влияние климатических условий на надёжность дорожно-строительных машин. Рассмотрено влияние климатических факторов на свойства материалов и конструктивные особенности дорожно-строительных машин. Определён характер непосредственного влияния климатических факторов на подсистемы, механизмы и оборудование строительно-дорожных машин.

S. Hachaturian

Influence of climatic factors on reliability of road-build machines

In the article influence of climatic terms is analyzed on reliability of road-build machines. Influence of climatic factors is considered on properties of materials and structural features of road-build machines. Character of the direct influencing of climatic factors is certain on subsystems, mechanisms and equipment of road-build machines.

Одержано 10.02.12