

АНОТАЦІЯ

Прокопенко П.М. Підвищення безпеки руху вантажних вагонів зі зменшеною тарою шляхом удосконалення засобів і підходів проведення ходових випробувань. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 – «Залізничний транспорт». – Державний університет інфраструктури та технологій, Київ 2021.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуального наукового завдання удосконалення засобів і підходів проведення ходових випробувань вантажних вагонів зі зменшеною тарою.

Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає у вирішенні наукового завдання – підвищення безпеки руху вантажних вагонів зі зменшеною тарою шляхом удосконалення засобів і підходів проведення ходових випробувань.

Вперше:

- науково обґрунтовано удосконалення засобів і підходів проведення ходових випробувань з метою підвищення безпеки руху вагонів зі зменшеною тарою;
- розроблено програмно-математичне забезпечення процедури оцінювання показників якості та безпеки руху з урахуванням вагових коефіцієнтів основних факторів, які спричиняють сход вантажних вагонів зі зменшеними тарами з рейок, що дозволяє з достатньою точністю визначати ці показники мобільними пристроями безпосередньо в експлуатації;
- розроблено структурно-функціональні технічні описання (концепти) зі створення нових та модернізації існуючих конструкцій вантажних вагонів з метою підвищення показників якості та безпеки руху, швидкості їх зразків зі зменшеною тарою.

Удосконалено базу схем діагностування показників якості та безпеки руху вантажних вагонів шляхом обґрунтування місць та способів (видів) визначення завантаженості їх конструкцій зі зменшеною тарою.

Дістали подальшого розвитку схеми формування вантажних поїздів та обґрунтування допустимих швидкостей їх руху, за рахунок розроблення відповідних наукових напрацювань для вагонів зі зменшеною тарою.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропоновані нові конструкторсько-технічні рішення з удосконалення конструкції вантажних вагонів, які захищені державними патентами України та можуть бути використані при проектуванні вантажних вагонів нового покоління або модернізації існуючих (патенти України: № 130258, № 138162, № 146774, № 146775, № 148801, № 148800, № 148799, № 148802, № 148798);
- розроблений програмний алгоритм для визначення показників якості руху вантажних вагонів;
- рішенням Правління АТ «Укрзалізниця» від 06.09.2019 року введено в дію СТП 07-003:2019 «Залізничний транспорт. Норми допустимих швидкостей рухомого складу по коліях шириною 1520 мм». Пунктом 10.5 якого встановлена така вимога – «Швидкості руху вантажних поїздів, до складу яких включені порожні вагони, встановлюються директором регіональної філії АТ «Укрзалізниця» залежно від технічного стану колії, але не вище ніж 65 км/год»;
- рішенням Правління АТ «Укрзалізниця» від 19.11.2020 року до СТП 07-003:2019 «Залізничний транспорт. Норми допустимих швидкостей рухомого складу по коліях шириною 1520 мм» внесені такі зміни. Розділ 10 пункт 10.5 Допустимі швидкості руху поїздів викласти в новій редакції: «10.5 Швидкості руху вантажних поїздів, до складу яких включені порожні вагони, встановлюються директором регіональної філії АТ «Укрзалізниця» відповідно до технічної документації на їх виготовлення, вимог Правил технічної експлуатації

залізниць України та технічного стану колії. Швидкості руху вантажних поїздів, до складу яких включені вагони-платформи моделей 13-4012, 13-4012М, 13-401-17 в порожньому стані, тара яких менша за мінімальну масу тари вагона, встановлюються не більше 60 км/год».

Основні результати дисертаційної роботи використані філією «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця», в етапах дослідження та проведення випробувань спрямованих на дослідження та визначення показників якості та безпеки руху вантажних вагонів та робіт з визначення безпечних умов експлуатації вагонів та впроваджені у навчальний процес кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного університету інфраструктури та технологій при підготовці фахівців спеціальності 273 – «Залізничний транспорт» (підтверджено актами впровадження Додаток А).

Відповідно до теми дисертації опубліковано 9 наукових праць в українських виданнях, які входять до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань, 2 наукові праці у фахових закордонних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз у числі н/м базі Scopus, 10 – в матеріалах конференцій, з яких 2 – за кордоном, 9 патентів України на корисну модель та 2 авторських права на твір.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, їх зв'язок з науковими програмами, вказано методи досліджень, достовірність отриманих результатів, визначено наукову новизну дисертації, практичне значення та особистий внесок автора, наведено данні про апробацію результатів роботи і публікації.

Перший розділ присвячений огляду літератури за темою роботи та обґрунтуванню вибору напрямків дисертаційних досліджень. Виконано огляд наукових праць спрямованих на визначення показників якості руху вантажних вагонів, існуючих систем оцінки показників якості руху та оцінки динамічних характеристик рухомого складу, виконано аналіз проблем експлуатації таких вагонів, наведено статистику сходів вантажних вагонів зі зменшеною тарою з

рейок. Описано існуючі проекти, які спрямовані на покращення показників динаміки руху вантажних вагонів.

Спираючись на досвід українських та світових вчених, провідних наукових організацій зроблено висновок, що показники динаміки та міцності вантажних вагонів зі зменшеною тарою, які експлуатуються на залізницях України, не задовольняють сучасним вимогам та потребують розробки технічних рішень, які покращать показники якості руху вантажних вагонів зі зменшеною тарою.

У другому розділі розроблено структурно-функціональні технічні описання (концепти) зі створення нових та модернізації існуючих конструкцій вантажних вагонів з метою підвищення показників якості та безпеки руху, швидкості їх зразків зі зменшеною тарою. Суть запропонованих покращень полягає у застосуванні шарнірних елементів в його конструкції, замість існуючих нерухомих елементів (суцільні балки, зварні з'єднання).

Запропоновано методику поглибленої обробки результатів ходових випробувань рухомого складу. Суть полягає у виконанні кореляційного та спектрального аналізу процесів, досліджених для різних елементів несучих конструкцій, з метою виявлення взаємозв'язків між коливальними процесами несучих конструкцій, оцінка частот при яких відбувається взаємодія між ними та рівні взаємодії. Розроблено програмно-математичне забезпечення процедури оцінювання показників якості та безпеки руху, з урахуванням вагових коефіцієнтів основних факторів, які спричиняють сход вантажних вагонів зі зменшеними тарами з рейок, що дозволяє з достатньою точністю визначати ці показники мобільними пристроями безпосередньо в експлуатації (рис.1).

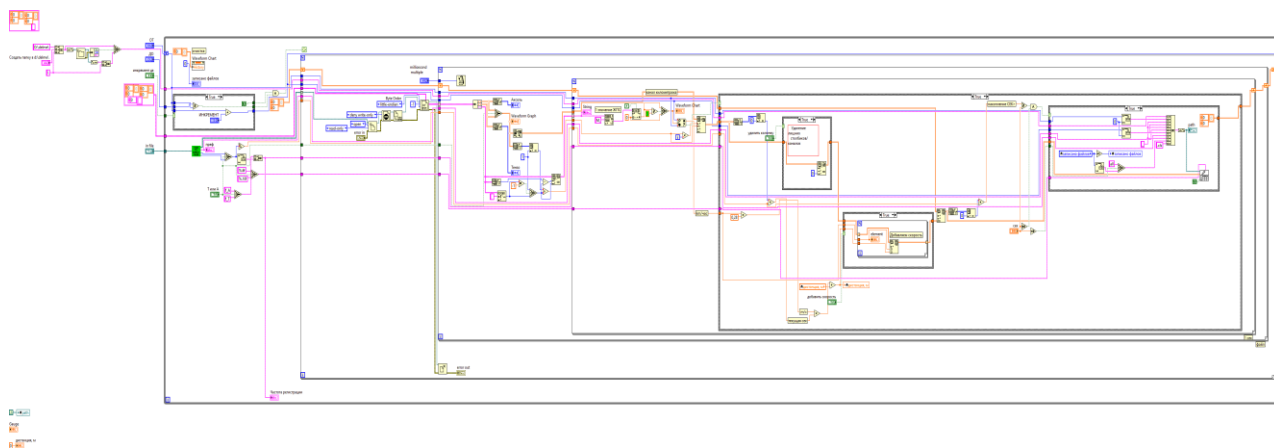


Рисунок 1 – Блок-схема програмного забезпечення для оцінки отриманих експериментальних даних

У третьому розділі сформульовано загальні вимоги до мобільної системи для визначення показників якості та безпеки руху вагонів зі зменшеною тарою в умовах експлуатації. Описана апаратна частина та первинні перетворювачі мобільної системи. Викладено результати теоретичних та практичних досліджень, щодо порівняння та визначення показників якості та безпеки руху вантажних вагонів зі зменшеною тарою різних моделей та долю факторів, які негативно впливають на показник якості та безпеки руху вагонів. Приведений економічний ефект від впровадження запропонованих рішень.

За результатами порівняльних випробувань вагона-платформи для перевезень великовантажних контейнерів моделі 13-401-17 (№ 94227717 з модернізацією за проектом С.14.01, 1983 року виготовлення та вагона-платформи № 94287356 з модернізацією за проектом С.03.04-ковзуни А.СТАКИ 1982 року виготовлення) в порожньому стані встановлено, що показники динаміки руху вагона-платформи з модернізацією за проектом С.03.04-ковзуни А.СТАКИ кращі ніж в іншого дослідного вагона, коефіцієнт запасу стійкості на швидкості 80 км/год у вагона без модернізації складає 1,15, що менше за допустиме 1,3, а у вагона з модернізацією А.СТАКИ складає 1,45. Також встановлено резонансний діапазон швидкості 60-70 км/год., де спостерігалось значне погіршення коефіцієнту запасу стійкості від сходу коліс з рейок.

За результатами ходових динамічних випробувань вантажних вагонів зі зменшеною тарою у порожньому стані в складі поїзда було встановлено, що значення сил стиску, які діють на автозчепні пристрої вагонів та коефіцієнт запасу стійкості колеса проти сходу з рейок, досягають або перевищують критичних значень в головній та середній частинах поїзда. Доцільною є постановка порожніх вагонів зі зменшеною тарою в останній третині поїзда. Запропоновано винести на обговорення під час найближчого засідання Постійно-діючої комісії з безпеки руху поїздів і автотранспорту, охорони праці і пожежної безпеки АТ «Українська залізниця», рішення про відміну змін до п.15.32 «Щодо порядку формування великовагових та довгосоставних поїздів» ПТЕ залізниць України, затверджених Наказом МТУ від 10.12.2003 № 962.

За результатами комп'ютерного моделювання показників, які впливають на динаміку руху вагонів зі зменшеною тарою встановлено:

- при справному технічному стані вагонів та колії, показники динаміки знаходяться у межах допустимих значень;
- при відхиленнях у технічному стані вагонів та колії відбувається погіршення динаміки вагонів до недопустимого рівня;
- швидкість, при якій рівень запасу стійкості зменшується менше мінімально-допустимого при наявності відхилень – 70 ± 5 км/год;
- одночасна наявність відхилень в утриманні колії та у технічному стані вагону зменшує швидкість, при якій запас стійкості досягає значення менше мінімально-допустимого.

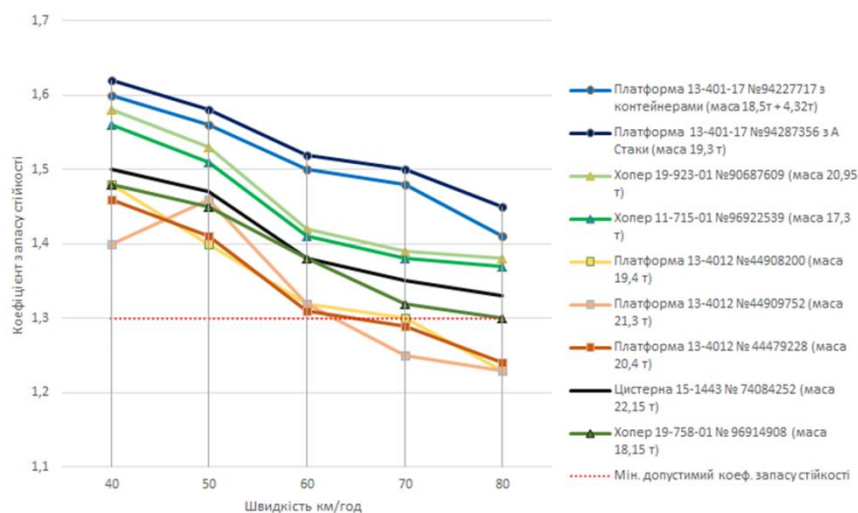


Рисунок 2 – Графік залежності від швидкості руху коефіцієнтів запасу стійкості колісних пар від сходу з рейок за результатами випробувань

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що впровадження принципу адаптивного сприймання експлуатаційних навантажень в завантаженому або вивантаженому станах в несучих системах вагона призводить до покращення показників динаміки руху порожніх вагонів. Обґрунтовано доцільність впровадження ковзунів постійного контакту типу А.СТАКИ в конструкції вантажних вагонів зі зменшеними тарами, для покращення показники якості та безпеки руху.

Ключові слова: вантажні вагони зі зменшеною тарою, ходові випробування, показники якості та безпеки руху, стійкість, мобільна система, динаміка, програмування.

ABSTRACT

Pavlo Prokopenko Improving the safety of freight cars with reduced tare by improving the means and approaches to running tests. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 273 - "Railway transport" State University of Infrastructure and Technology, Kyiv 2021.

The dissertation work is devoted to the decision of an actual scientific problem of perfection of means and approaches of carrying out running tests of freight cars with the reduced tare. The scientific novelty of the value of the dissertation research is as follows.

For the first time:

- scientifically substantiated increase of safety of movement of cars with the reduced tare by improvement of means and the approach of carrying out running tests;

- the mathematical maintenance of procedure of definition of indicators of quality and safety of movement that will allow to define with sufficient accuracy these indicators by mobile devices directly in operation is developed;

- structurally functional decisions on creation of new and modernization of existing designs of freight cars for the purpose of increase of indicators of quality and safety of movement, speed of their samples with the reduced tare are developed.

The base of schemes for diagnosing indicators of quality and safety of freight cars by substantiating places and methods (types) of determining the load of their structures with reduced tare has been improved.

The system of traffic safety was further developed due to the proposed schemes of train formation in which cars with reduced tare are included and substantiation of admissible speeds of their movement.

Practical significance of the obtained results:

- proposed new design and technical solutions to improve the design of freight cars, which are protected by state patents of Ukraine and can be used in the design of new generation freight cars or modernization of existing ones (patents of Ukraine: № 130258, № 138162, № 146774, № 146775, № 148801, № 148800, № 148799, № 148802, № 148798);

- the software algorithm for definition of indicators of quality of movement of freight cars is developed; - by the decision of the Board of JSC "Ukrzaliznytsia" dated 06.09.2019 STP 07-003: 2019 "Railway transport. Norms of admissible speeds of a rolling stock on tracks 1520 mm wide ». Clause 10.5 establishes the following

requirement - "Speeds of freight trains, which include empty cars, are set by the director of the regional branch of JSC" Ukrzaliznytsia "depending on the technical condition of the track, but not higher than 65 km / h"; - by the decision of the Board of JSC "Ukrzaliznytsia" from 19.11.2020 to STP 07-003: 2019 "Railway transport. Norms of admissible speeds of a rolling stock on tracks 1520 mm wide "the following changes are made. Section 10 item 10.5 Permissible speeds of trains shall be stated in the new wording: "10.5 Speeds of freight trains, which include empty cars, shall be set by the director of the regional branch of JSC Ukrzaliznytsia in accordance with the technical documentation technical condition of the track. The speeds of freight trains, which include platform cars of models 13-4012, 13-4012M, 13-401-17 in the empty state, the tare of which is less than the minimum weight of the car, are set not more than 60 km/h.

The main results of the dissertation were used by the branch "Research and Design Institute of Railway Transport" JSC "Ukrzaliznytsia", in the stages of research and testing aimed at research and determination of quality and safety of freight cars and work to determine safe operating conditions of cars and introduced into the educational process of the department "Wagons and wagon economy" of the State University of Infrastructure and Technology in the training of specialists in the specialty 273 - "Railway Transport" (confirmed by the acts of implementation of Annex A).

According to the dissertation topic, 9 scientific papers were published in Ukrainian publications, which are included in the list of scientific professional publications approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, 2 scientific papers in professional foreign publications included in international scientometric databases, including Scopus, 10 - in conference proceedings, of which 2 - abroad, 9 patents of Ukraine for utility models and 2 copyrights for the work.

The introduction substantiates the relevance of the dissertation topic, formulates the purpose and objectives of the research, their connection with scientific programs, indicates research methods, reliability of the results, determines the scientific novelty of the dissertation, practical significance and personal contribution of the author.

The first section is devoted to a review of the literature on the topic of work and justification of the choice of areas of dissertation research. The review of systems of estimation of indicators of quality of movement and an estimation of dynamic characteristics of a rolling stock is carried out, the analysis of problems of operation of such cars is executed, and statistics of ladders of freight cars with the reduced container from rails are resulted. Existing projects aimed at improving the dynamics of freight cars are described.

Based on the experience of Ukrainian and world scientists, leading scientific organizations, it is concluded that the dynamics and strength of reduced tare of freight cars operated on Ukrainian railways do not meet modern requirements and require the development of technical solutions that will improve the quality of reduced tare of freight cars.

The second section formulates the concept of technical solutions for load-bearing systems of freight cars with reduced tare to improve the dynamics and strength. The essence of the proposed improvements is to use hinged elements in its design instead of the existing fixed elements (solid beams, welded joints).

A method of in-depth processing of the results of running tests of rolling stock is proposed. The essence is to perform correlation and spectral analysis of the processes studied for different elements of load-bearing structures to identify relationships between oscillatory processes of load-bearing structures, estimating the frequencies at which there is interaction between them and the levels of interaction. The software algorithm of the in-depth estimation of experimental indicators of quality of movement of cars with the reduced tare is developed (fig. 1).

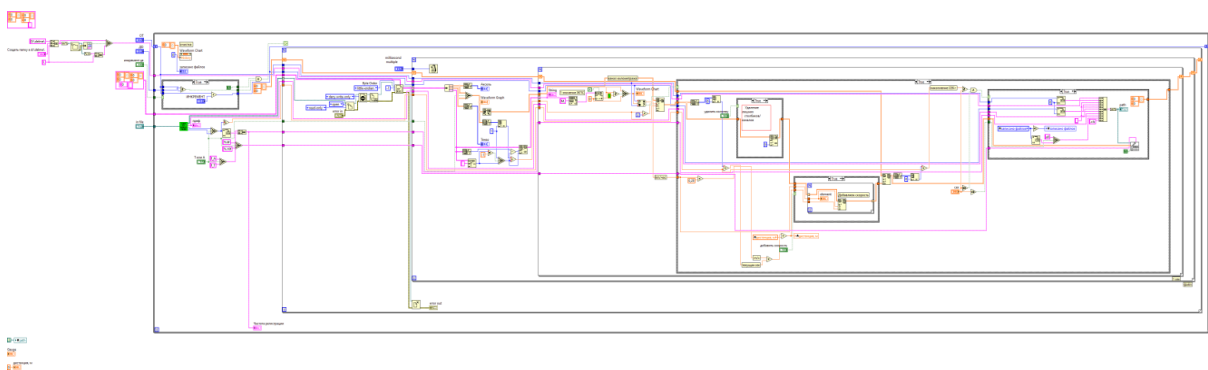


Figure 1 - Block diagram of the software for evaluating the obtained experimental data

In the third section the general requirements to the mobile system for definition of indicators of quality and safety of movement of cars with the reduced tare in the conditions of operation are formulated. The hardware and primary converters of the mobile system are described. The results of theoretical and practical research on the comparison and determination of quality and safety of freight cars with reduced tare of different models and the share of factors that negatively affect the quality and safety of the car.

The results of comparative tests of the platform car for transportation of heavy-duty containers of model 13-401-17 (№ 94227717 with modernization according to the project C.14.01 1983 of production and the platform car № 94287356 with modernization according to the project C.03.04- A. STAKI 1982 production) in the empty state it is established that the dynamics of the platform car with modernization according to the project C.03.04- A.STAKY are better than in another experimental car, the coefficient of stability at a speed of 80 km / h for a car without modernization is 1.15, which is less than the allowable 1.3, and the car with the modernization of A. STAKI is 1.45. The resonant speed range of 60-70 km / h was also established based on the test results. where there was an initial deterioration of the coefficient of stability from the derailment of the wheels.

According to the results of running dynamic tests of freight cars with reduced tare in the empty state in the train, it was found that the values of compressive forces acting on car couplings and quality and safety indicators reach or exceed critical values in the main and middle parts of the train. installation of empty cars with reduced tare in the last third of the train. It is proposed to submit for discussion during the next meeting of the Standing Committee on Train Safety and Transport, Occupational Safety and Fire Safety of JSC "Ukrainian Railways", a decision to cancel changes to paragraph 15.32 "On the formation of heavy and long trains" The railways technical operation rules Of Ukraine, approved by the Order of MTU dated 10.12.2003 № 962.

According to the results of computer modeling of indicators that affect the dynamics of the movement of cars with reduced tare, it is established that:

- at a serviceable technical condition of cars and a track, indicators of dynamics are within admissible values.
- at deviations in a technical condition of cars and a track there is a deterioration of dynamics of cars to inadmissible level.
- speed at which the level of stability decreases less than the minimum allowable in the presence of deviations - 70 ± 5 km/h.
- the simultaneous presence of deviations in the track maintenance and in the technical condition of the car reduces the speed at which the margin of safety reaches a value less than the minimum allowable.

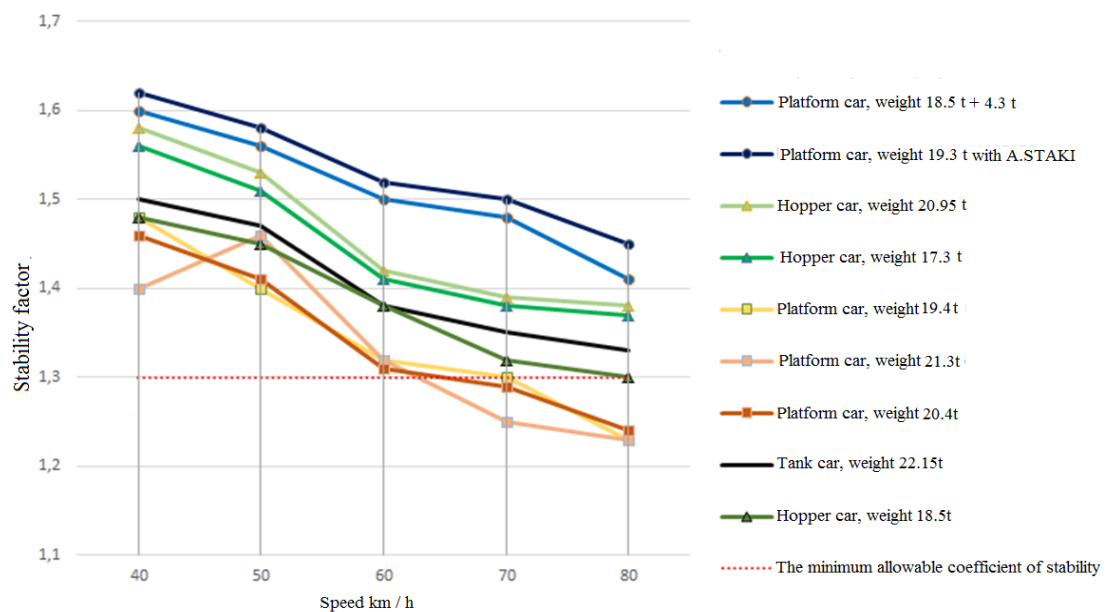


Figure 2 - Graph of the dependence of the speed of the coefficients of the margin of stability of the wheelsets from the derailment according to the test results

On the basis of the conducted researches it is possible to draw a conclusion that introduction of the principle of adaptive perception of operational loadings in the loaded or unloaded states in bearing systems of the car leads to improvement of indicators of dynamics of movement of empty cars.

Key words: freight wagon with reduced tare, running tests, quality and safety indicators, stability, mobile system, dynamics, programming.