



UDK: 631.372;656.137

*Pregledni naučni rad
Review scientific paper*

INTEGRITET NOSEĆIH STRUKTURA TRAKTORA

Rajko Radonjić*Mašinski fakultet - Kragujevac*
rradonjic@kg.ac.yu

Sadržaj: U radu je razmotren problem integriteta nosećih struktura traktora sa aspekta potrebne krutosti konstrukcije, postizanja radnih funkcija, redukcije mase i zahtevanog nivoa pasivne bezbednosti. U ovom cilju istaknuti su zahtevi pri projektovanju zaštitnih struktura traktora, analizirani relevantni statistički pregledi u vezi njegove pasivne bezbednosti i mogući pravci daljeg razvoja.

Ključne reči: *noseće strukture, zaštita, integritet, traktor.*

UVOD

Specifičnost namene i brojne radne operacije i transportni zadaci, koje obavlja poljoprivredni traktor, uticali su na svojstva njegove konstrukcije, posebno nosećih struktura. U odnosu na standardna drumska vozila, kod kojih je osnovna noseća struktura realizovana u obliku ramova, karoserije ili njihovih kombinacija, a prenosnik snage je nezavisan funkcionalni sistem, kod traktora postoje određene razlike. Naime, deo prenosnika snage, posebno mostovi pogonskih osovina, uključeni su u osnovni noseći sistem. Sa druge strane specifičnost konstrukcije traktora se ispoljava i u pogledu sistema elastičnog oslanjanja točkova, odnosno, osovina. Osnovne komponente elastičnog oslanjanja traktora točkaša su elastični pneumatici sa ekvivalentnim krutostima i prigušenjima. Standardni elementi elastičnog oslanjanja, opruge i amortizeri, mogu se sresti samo kod nekih traktora u sklopu elastičnog oslanjanja prednje osovine i kabine. Sve ove osobenosti konstrukcije dovele su do toga, da je traktor u sprezi sa priključnim oruđima ili vozilima i u interakciji sa okruženjem, složenom konfiguracijom terena, česti uzročnik udesa sa težim posledicama i smrtnim slučajevima. U tom smislu i treba shvatiti aktivnosti i zakonodavca i proizvođača traktora kao i zahteve tržišta vezane za integritet nosećih struktura i u funkcionalnom i u bezbednosnom smislu.

Imajući u vidu stanje u okruženju, po ovim pitanjima, u pogledu potrebne harmonizacije zakonske regulative, kao i činjenicu da je u upotrebi veliki broj traktora bez osnovne zaštitne strukture za ljudskog operatora, u ovom radu, pored prezentiranih

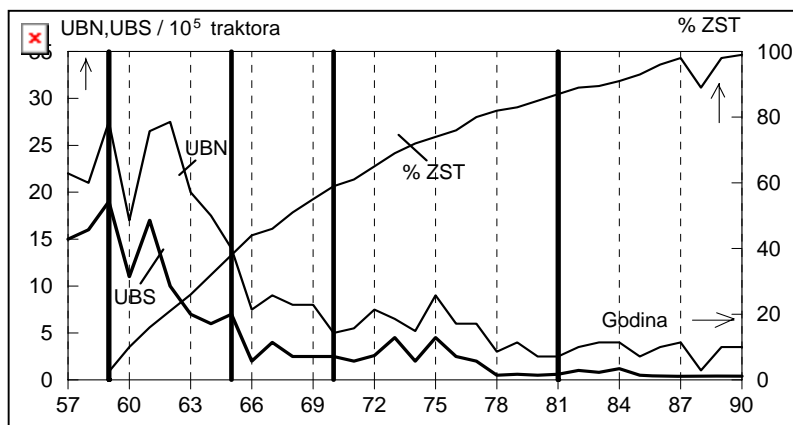
statističkih pokazatelja bezbednosti traktora, razmotreni su zahtevi i navedeni principi projektovanja zaštitnih struktura u sklopu osnovnih nosećih struktura traktora.

ISTORIJSKI RAZVOJ KONSTRUKCIJE ZAŠTITNIH STRUKTURA TRAKTORA

Poljoprivreda i šumarstvo su privredne grane sa najvećim brojem prevrtanja traktora koja dovode do teških povreda i smrtnih slučajeva [1]. To je i razlog da su ovi problemi, u mnogim razvijenim regionima sveta, istaknuti na nacionalnim nivoima još polovinom prošlog veka. Aktivnosti su se odvijale u tri faze: projektovanje i realizacija zaštitnih uređaja i struktura, razvoj metodologije za njihovo ispitivanje, donošenje odgovarajuće zakonske regulative u ovom domenu. S obzirom da su se mere odnosile na tehničke i socijalne faktore, njihovom sprovođenju prethodili su određeni komentari - između ostalih, da li se odnose samo na novoprodukovane traktore, ili je obaveza ugradnje i u postojeće, u upotrebi? Dakle, po svemu nelogični stavovi i komentari, bar kada su u pitanju faktori o čijoj se bezbednosti i zaštiti radi!

Prenošenje istaknutih problema sa nivoa nacionalnih na nivo internacionalnih zahteva i propisa, doprinelo je pouzdanijoj konstrukciji pomenutih sistema, efikasnijoj zaštiti i odgovornijoj primeni. Brojni statistički podaci o udesima sa traktorima i njihovim posledicama ukazuju na ozbiljnost i aktuelnost problema. Prema podacima objavljenim u Škotskoj, u periodu 1968 do 1976. godine, od ukupnog broja akcidenata usled prevrtanja, 85% traktora je imalo, u momentu prevrtanja, priključenu opremu, od ovog broja jedna polovina, priključno vozilo, a druga polovina, priključne radne uređaje. U posmatranom slučaju, 2/3. prevrtanja se dogodilo na nagnutom terenu. Međutim, kada je u pitanju konfiguracija terena kao uzročnik udesa, statistike u nekim drugim regionima ističu i subjektivan faktor, ljudski operator. U ovim primerima, veći broj udesa sa traktorima na ravnim terenima, svedoči o pogrešnoj proceni vozača traktora, da rizik udesa postoji samo na strmim terenima. Statistike ukazuju dalje, na odnos broja udesa traktora točkaša: traktora guseničara, 80% : 20%, respektivno, zatim, da se u 50% slučajeva traktor prevrne za 180% [2]. Ovi pregledi sadrže i uspostavljene korelacije između broja nesreća sa traktorima usled prevrtanja, njihovih posledica, i broja traktora sa i bez zaštitne strukture, broja slučajeva izbacivanja vozača sa sedišta, izbacivanja iz zaštitnog prostora, broja podletanja, odnosno, naletanja na traktor itd. Rizik nesreće i posledica se povećava pri izbacivanju vozača iz zaštitnog prostora.

Sumarni prikaz statističkih pokazatelja o nesrećama sa traktorima i njihovim posledicama za period od preko tri decenije dat je na slici 1, [1], u relaciji sa preduzetim merama, odnosno, ugrađenim zaštitnim komponentama. Na prikazu su date oznake: UBN - ukupan broj nesreća sa traktorima, UBS - od toga ukupan broj smrtnih slučajeva, % ZST - procentualno korišćenje traktora sa zaštitnim strukturama. Generalno posmatrano, povećanje procentualnog korišćenja traktora sa zaštitnim strukturama, praćeno je smanjenjem pokazatelja udesa traktora i njihovih posledica. Uporedo su notirane i pravno - tehničke mere u posmatranom periodu, za posmatrani region, vertikalno pojačane linije na sl. 1: od 1959 - zaštitne strukture na novoprodukovanim traktorima, od 1965 - zaštitne strukture na svim traktorima u upotrebi, od 1970 - bezbedna kabina na novoprodukovanim traktorima, od 1981 - bezbedna kabina na svim traktorima.



Sl. 1. Statistički prikaz: UBN - ukupnog broja udesa, UBS - ukupnog broja smrtnih slučajeva na 10^5 traktora u periodu 1957 - 1990, %ZST - % udeo ugrađenih zaštitnih struktura od ukupnog broja traktora [1]

Fig. 1. Statistical review: UNB - Total injuries, UBS - Fatal injuries, %ZST - Tractors with Rops, 1957 - 1990 [1]

JEDAN PRISTUP DEFINICIJI INTEGRITETA NOSEĆIH STRUKTURA TRAKTORA

Kao što je već naglašeno, značaj noseće strukture traktora se ističe i sa aspekta izvršenja osnovnih funkcija, radno - tehničkih karakteristika i sa aspekta bezbednosti rada i kretanja. U tom smislu, može se govoriti o dve podstrukture objedinjene u jedinstvenu noseću strukturu, sa striktno postavljenim tehničko - normativnim zahtevima. Na koncept ove strukture utiču faktori iz domena formuliranih performansi traktora. U okviru toga, koncept zaštitne funkcije noseće strukture baziran je u segmentu performansi "bezbednost traktora", kao komponente njegovog kvaliteta, prema našem vidjenju problema, saglasno blok dijagramu na slici 2.

Način prikaza i definicije na slici 2, citirane iz predmetne problematike drumskih vozila, nalazi primenu i u ovom segmentu problema traktora točkaša. Pojam aktivne bezbednosti traktora podrazumeva sve mere: konstruktivne, eksploataciono - tehničke, normativne, edukativne (posebna obuka i trening vozača operatora) i slično, preduzete sa ciljem da se spreče udesi sa traktorima. Skup preduzetih mera sa aspekta pasivne bezbednosti ima za cilj da se spreče ili umanje posledice nastalih udesa, pre svega povreda i smrtnih slučajeva operatora i rukovaoca, da se zaštite materijalna dobra i okruženje. Kondiciona bezbednost je u relaciji sa zahtevima obezbeđenja optimalnih radnih uslova operatora u ionako specifičnom i teškom radnom okruženju.

I konačno, ekološka bezbednost, kao komponenta ukupnog nivoa bezbednosti traktora, potencira se u sklopu opštih zahteva za očuvanje životne sredine i okruženja - uz dodatno isticanje u ovom segmentu problema sa traktorima - umanjjenje stepena degradacije tla.



Sl. 2. Uz definiciju - bezbednost traktora i zaštitne komponente
 Fig. 2. To definition of tractor safety and protection components

Sa aspekta tretiranja pitanja "integritet nosećih struktura traktora", teme ovog rada, naglasak se stavlja na komponente aktivne i pasivne bezbednosti, uz proširenje blok dijagrama na sl. 2., segmentom - blokom, "zaštitne komponente" i njegovo dalje razvrstavanje na: zaštitne uređaje, zaštitne strukture. Dalja konkretizacija ovih pojmova je data u narednim poglavljima. No, na ovom mestu se još jednom dovede u međurelacije pojmovi "integritet nosećih struktura" i "zaštitna struktura". Naime, saglasno iznetim stavovima, kod traktora koji su u ranijem periodu proizvedeni i u upotrebi su bez adekvatnih zaštitnih struktura, ne može se govoriti ni o integritetu nosećih struktura - jedinstvenom sistemu, objedinjenih funkcija. U skladu sa ovim pojmovima treba istaći pojam i funkciju "integriteta zaštitnog prostora" traktora za operatora i prateće komponente, to jest, stepen njegovog očuvanja za vreme udesa prevrtanja i deformacija sistema.

UTICAJNI FAKTORI NA PROJEKTOVANJE NOSEĆIH STRUKTURA

Ističu se osnovne grupe faktora koji opredeljuju polazne parametre pri izboru koncepta i daljoj razradi konstrukcije:

Rizični režimi. Formira se pregled i specifikacija potencijalno opasnih režima kretanja i rada sa traktorom, pri kojima može nastupiti udes. Njihova identifikacija i proučavanje je značajno sa svih aspekata aktivne i pasivne bezbednosti kao i adekvatne obuke i osposobljavanja operatora. U potencijalno opasne režime i postupke pri dejstvu na komande traktora, na bazi dosadašnjih pokazatelja, mogu se uključiti sledeći: naglo zaokretanje traktora pri visokim brzinama kretanja dejstvom na kočnice pojedinačnih točkova, najčešće zadnjih; kretanje u blizini kanala, jaraka, nasipa, uz opasnost klizanja,

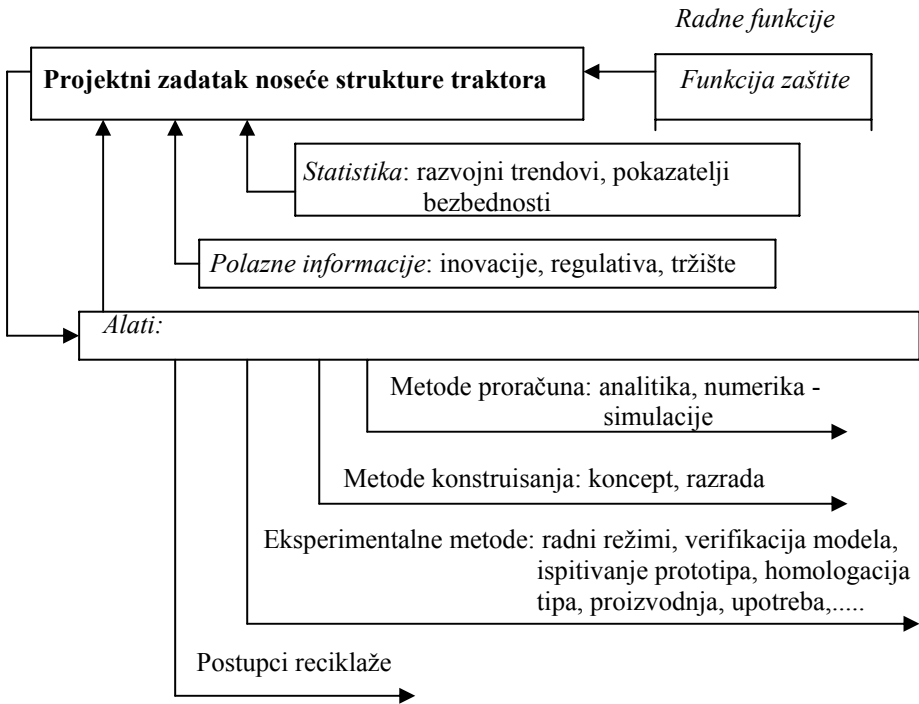
prevrtanja, smicanja ili odrona terena; kretanje na strmim terenima sa bočno postavljenim radnim uređajima; brzo uključivanje, odnosno, isključivanje glavne frikcione spojnice pri visokom broju obrtaja motora; vezivanje priključnog tereta, uređaja, za kućište osovine, umesto za vučnu kuku; visok položaj centra masa, visok položaj vučne kuke, smanjen trag točkova, nepovoljan raspored masa po osovinama i točkovima.

Moguće zaštitne mere. Pored napred, generalno pomenutih, daje se i detaljniji pregled, zavisno od uticajnog faktora i njegove interakcije sa ostalim faktorima. U vezi sa svojstvima traktora ističu se: geometrijski parametri, parametri masa, koncepcija traktora, karakteristike vitalnih sistema, koncept zaštitne strukture - stepen zaštite, ergonomske pokazatelji radnog mesta. Pri tome dominantni geometrijski parametri su rastojanja osovine, točkova, koordinate centra masa, gabariti, dimenzije pneumatika. U sklopu parametara masa ističu se sopstvena masa, nosivost, dopunska masa, odnos mase traktora i mase zaštitne strukture. U okviru uticajnih faktora u grupi "koncept traktora", ističu se varijante: traktor točkaš, traktor guseničar, traktor sa pogonom na jednoj osovini ili na svim osovinama, sa sistemom za upravljanje preko jedne osovine ili preko obe osovine, specifičnosti sistema za kočenje, izvedba sistema za elastično oslanjanje i slično. Specifičnosti operatora vozača su već pomenute, stepen obučenosti i iskustva pri kritičnim režimima kretanja, subjektivna procena rizika opasnosti. Faktori interakcije sistema vozač - traktor - teren, uključuju merne komponente i indikatore, kao pomoć vozaču u proceni opasnosti. Na primer, instrument za merenje nagiba terena sa indikatorom nagiba na granici klizanja i prevrtanja. Komponente aktivne kontrole procesa i režima kretanja, citirane iz domena drumskih vozila - kontrola procesa kočenja, procesa polaska i kretanja, parametara ponašanja na terenu i drumu, dakle, dinamička kontrola stabilnosti i upravljivosti traktora. Interakcija faktora vozač - traktor, pre svega preko sedišta, kao interfejsa, upotrebe pojaseva, oslanjanje i dejstvo na komande, postojanje vazdušnih jastuka i sličnih komponenata zaštite.

Bazna regulativa. Početci, 1950. god. Švedska i Novi Zeland, uvođenje ROPS (rollover protective structures) u konstrukciju traktora, kasnije praćeno i aktivnostima na donošenju adekvatnih standarda. 1976. god. u SAD, standard zahteva, da svi traktori korišćeni u poljoprivredi imaju atestiranu ROPS - strukturu. U Evropi od 1974. god. datiraju EEC direktive o homologaciji tipa traktora, a od 1977. na snazi je i direktiva koja se odnosi na ROPS - strukture, procedure homologacije i sertifikacije i zahteve u pogledu zaštite prostora za vozača, nakon prevrtanja i deformacija. U okviru OECD - propisa formulisan je statički i dinamički metod ispitivanja ROPS-a uz zahteve pouzdane zaštite pri prevrtanju, i obavezu ispitivanja za svaki tip traktora u koji se ugrađuje. Novi trendovi u integraciji i kooperaciji kako u proizvodnji, tako i u normativnoj delatnosti, dovodi do harmonizacije regulative, na regionalnom i internacionalnom nivou, novih zahteva, koji vode progresu u razvoju nosećih sistema sa aspekta njihovog integriteta.

ALGORITAM ZAHTEVA PROJEKTOG ZADATKA NOSEĆIH STRUKTURA

Pri formiranju algoritma zahteva za postavljanje projektnog zadatka nosećih struktura traktora, na slici 3, pošli smo od najkompleksnijeg slučaja - projektovanje struktura u sklopu zadatka projektovanje i realizacija novog modela traktora.



Sl. 3. Algoritam zahteva projektnog zadatka nosećih struktura traktora
 Fig. 3. Requirements algorithm of design task for tractor supporting structure

U ovom slučaju, u sklopu zahteva, uključeni su: radne funkcije traktora i funkcija zaštite, odnosno, poznavanje namene traktora i zahtevanih nivoa bezbednosti; dalje, statistički podaci o trendovima razvoja u predmetnim oblastima i posebno statistika udesa u kojima su učestvovali traktori i njihovih posledica. Polazne informacije sadrže praćenje inovacija i analize opravdanosti njihovog uvođenja, važeću regulativu, zahteve tržišta. Zahtevi u vezi potrebnih alata se iskazuju na bazi raspoloživih i aktuelno korišćenih, kako u domenu proračuna u konstruisanja, tako u domenu eksperimentalnih metoda i postupaka reciklaže.

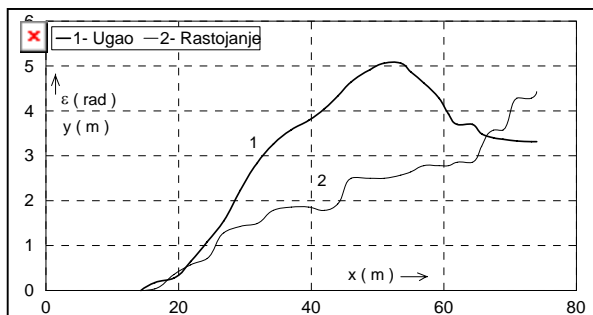
Predloženi algoritam se može modifikovati i prilagoditi tretiranju pitanja integriteta nosećih struktura traktora i u sledećim slučajevima: a/ projektovanje, izvedba, ispitivanje i ugradnja zaštitnih struktura u traktore koji su u upotrebi bez ovih struktura, b/ ispitivanje karakteristika zaštitnih struktura novouvezenih traktora u smislu provere usaglašenosti sa važećim nacionalnim propisima iz ovog domena, c/ ispitivanje karakteristika iz prethodnog stava ali za polovne uvezene traktore, d/ ispitivanja u smislu homologacije i sertifikacije pojedinačno proizvedenih zaštitnih struktura traktora i njihove funkcije u sklopu konkretnog tipa traktora.

Saglasno gornjim prikazima, a imajući u vidu dugogodišnje aktivnosti Centra za tehničku ispravnost vozila i Centra za bezbednost vozila Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, ističu se neki segmenti aktivnosti koje se sprovode u relaciji sa aktuelnim potrebama, važećom regulativom, važećom metodologijom ispitivanja i konkretnim zahtevima za projektovanje, proračune i ispitivanje.

Objekti ispitivanja: Traktor kao celina - novoproduzvedeni, remontovan, prepravljen, nadograđen; priključne jedinice - prikolice za traktore i motokultivatore, pojedinačno proizvedene, prepravljene; vučni uređaji, pojedinačno proizvedeni, bez identifikacionih oznaka; strukture traktora - rol bar, okviri, kabine.

Metode ispitivanja: Numeričke metode proračuna struktura, simulacione metode dinamike sistema [4,5], eksperimentalne metode ponašanja sistema [6].

Numeričke metode proračuna razvijene su za ravanske zaštitne strukture, prostorne strukture oblika okvira i delimično, za strukture tipa zatvorene kabine - pre svega za osnovne noseće elemente iz tankozidnih profila smanjene mase i zahtevane krutosti. Korišćene simulacione metode baziraju na principima digitalne simulacije realizovane preko programskih blokova u adekvatnom softverskom okruženju. U ovom segmenti istraživanja koriste se za simuliranje ponašanja traktora sa aspekta procene odnosa aktivne bezbednosti, kao i oscilatornih procesa podsklopova i struktura. Ilustrativni primeri simulacionih rezultata ponašanja traktora na nagnutom terenu prikazani su na slici 4.



Sl. 4. Rezultati simulacije ponašanja traktora pri kočenju na nagnutom terenu
Fig. 4. Simulation results of tractor handling by braking on the slope terrain

Rezultati se odnose na traktor mase 3900 kg, međuosnog rastojanja 2.3 m, nagiba terena 14° , početne brzine pri kočenju 5 m/s i fiksiran točak upravljača u neutralnom položaju, a iskazani su kao zavisnosti koordinata položaja traktora, ugaonog i bočnog, i pređenog rastojanja u podužnom pravcu, odnosno, puta kočenja.

Ovaj primer ukazuje na nestabilno kretanje traktora s obzirom da je ugaona koordinata položaja traktora, ϵ - kriva 1, na sl. 4, dostigla vrednost ugla zaokretanja podužne ose, od 5 radijana, što znači, prekoračila kritičnu vrednost u odnosu na klizanje i prevrtanje od 180° , uz progresivan porast bočnog odstupanja, y - kriva 2, na slici 4, i puta kočenja, x - apcisa, na sl. 4. Ranije prikazan eksperimentalni sistem traktora [6], omogućava verifikaciju strukture i parametara korišćenih simulacionih modela.

ZAKLJUČAK

Integritet nosećih struktura traktora omogućava ostvarenje osnovnih radnih funkcija i obezbeđuje zahtevane nivoe bezbednosti kretanja i rada. Povećanje procenta korišćenja traktora sa adekvatnim zaštitnim strukturama bitno redukuje broj udesa i njihovih posledica. Na nivo bezbednosti projektovanih struktura utiču brojni faktori pa je i katalog zahteva pri postavljanju projektnog zadatka obiman. Step en uspešnosti projekta i efikasnosti realizovanih struktura bitno zavisi od polaznih informacija, prethodnog iskustva, korišćenih metoda i opreme. Neophodna harmonizacija nacionalnih propisa iz ovog domena treba da doprinese daljem progresu i primeni ovih sistema.

LITERATURA

- [1] International Labour Office. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.
- [2] Liu J., et al.: Off-Road vehicle Rollover. Journal of Agricultural Safety and Health, 5, 1999.
- [3] EEC - directive, 1974-2000.
- [4] Radonjić R.: Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača. Traktori i pogonske mašine, 4, 1998, Novi Sad.
- [5] Radonjić R.: Proučavanje interakcije vitalnih sistema traktora. Traktori i pogonske mašine, 4, 2003, Novi Sad.
- [6] Radonjić R.: Razvoj metode za ispitivanje upravljivosti i stabilnosti kretanja traktora. Traktori i pogonske mašine, 4, 2002, Novi Sad.

INTEGRITY OF TRACTOR SUPPORTING STRUCTURES

Rajko Radonjić

Mechanical Faculty - Kragujevac
rradonjic@kg.ac.yu

Abstract: In this paper the problem of tractor supporting structures integrity in respect to necessary construction rigidity, realization of working function, mass reduction and requested level of passive safety is considered. In this aim, pointed out the requirements by design of tractor protection structures, analysed relevant statistical review of his passive safety and possible direction of further development.

Key words: *supporting structure, protection, integrity, tractor.*