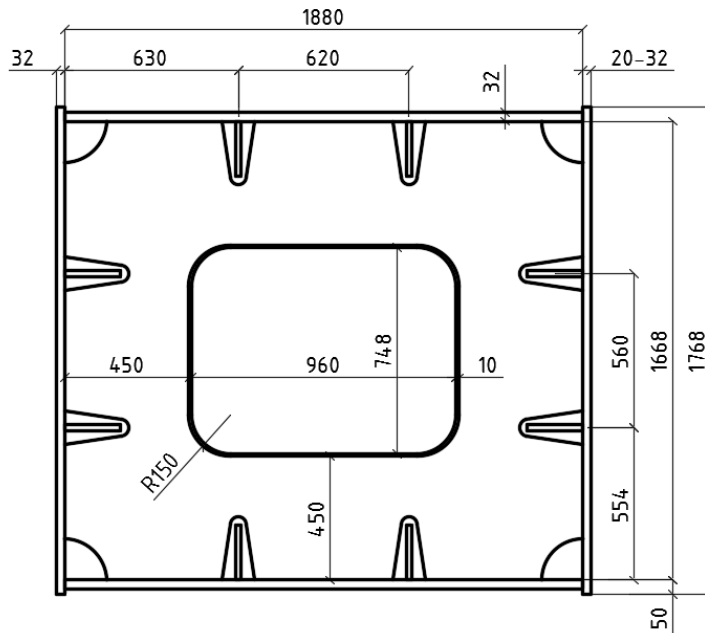




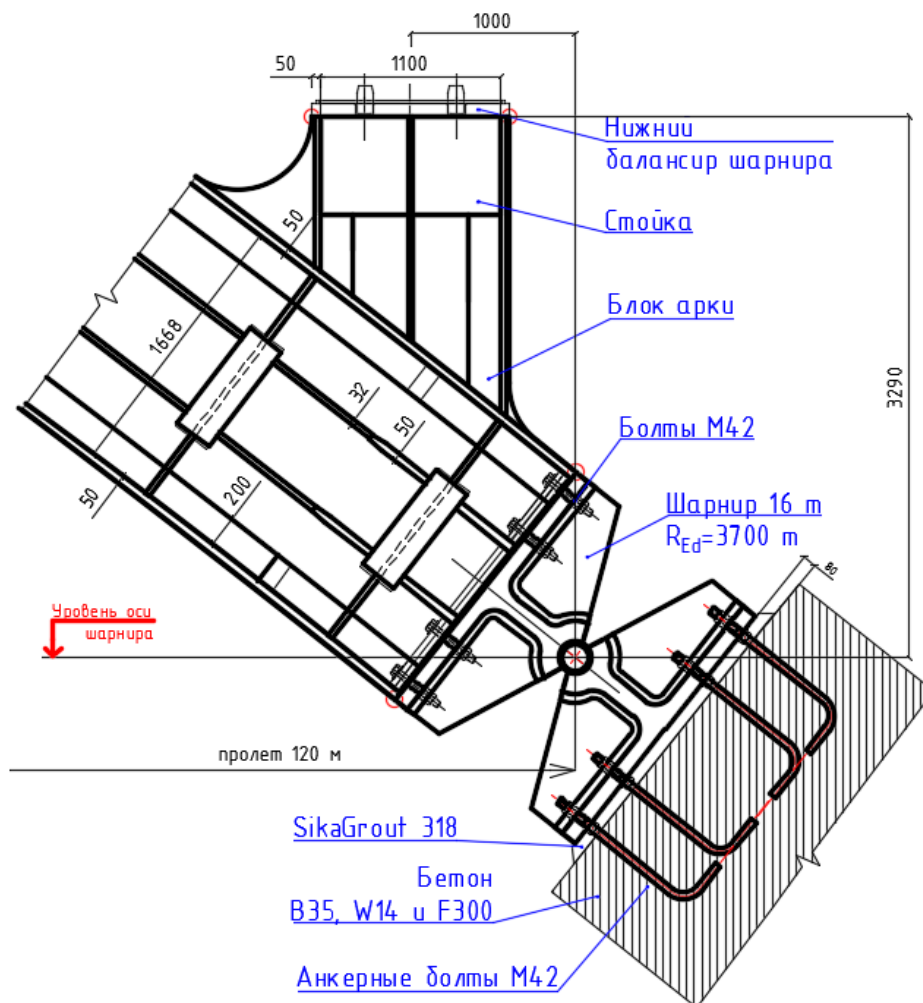
ნახ. 2.10 თაღის განივი კვეთი

თაღს აქვს მართკუთხა კვეთი სარტყელის მუდმივი სისქით 32 მმ კედლების (ცვლადი სისქით 20 და 32 მმ (ნახ. 2.10)).

სახსარზე დაყრდნობის ადგილებში თაღის ფურცლების სისქეები იზრდება 50 მმ-მდე, ამავე დროს შექმნილია წახნაგების და დიფრაგმების სისტემა (ნახ. 2.11).

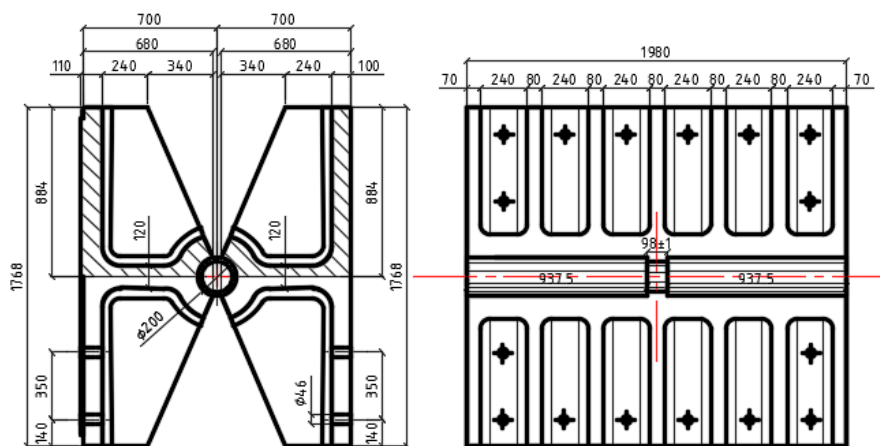
მექანიკურად დამუშავებული თადის ტორსი დაყრდნობილია სახსარის ფრეზირებული ნაწილის ტორსზე. თადის წახნაგები და კონტური ხვდება სახსარის ღარებში. აუცილებელია თადის სახსარზე მჭიდროდ დასმა 0.3 მმ სიზუსტით. სახსარი მჭიდროდაა მიდგმული თადზე 16 ცალი M42 ჭანჭიკით.

თადის სახსარი დამზადებულია სხმული ფოლადისაგან, მოცემული მექანიკური მახასიათებლებით, რომლებიც უზრუნველყოფს სახსარის სიმტკიცეს და მუშაობის ხანგრძლივობას. სახსარი მიმაგრებულია დგარზე საანკერო ჭანჭიკებით. საანკერო ჭანჭიკების კუთხვილი შეერთების მეშვეობით შესაძლებელია სახსარის ფუნდამენტზე დასმის სიზუსტის რეგულირება.



ნახ. 2.11 თაღის სახსარზე დაყრდნობის კვანძი

თაღი დაყრდნობილია ინდივიდუალური პროექტირების სხმულ სახსარზე. სახსარის საანგარიშო დატვირთვა 3600 ტ. ერთი სახსარის მთლიანი წონა 15 ტ. სახსარი ბეტონის საფუძველზე და ფოლადის თაღზე მიმაგრებულია საანკერო ჭანჭიკებით.



ნახ. 2.12 სახსარი

სახსარის ფოლადის მექანიკური მახასიათებლები:

დენადობის ზღვარი $R_{yn} \geq 280$ მპა;

დროებითი წინაღობა $R_{un} \geq 490$ მპა;

ფარდობითი დაგრძელება $\delta_5 \geq 16\%$,

დარტყმითი სიბლანტე $KCV^{20} \geq 27$ ჯოული/სმ²

გაანგარიშების სახეობა	საიმედოობის კოეფიციენტი
სხმული კონსტრუქციის მედეგობა დაშლისადმი	$\gamma_{M2}=1.25$

2.2.2 ხიდის ფილის და ხიდის ვაკის კონსტრუქცია

2.2.2.1 ზოგადი აღწერა

ხიდის ვაკის შედგება სამოძრაო ფილის და ტროტუარის ჰიდროიზოლიაციისაგან, სამოძრაო ზონის საფარისაგან, ტროტუარების საფარისაგან, მოაჯირებისაგან, ბარიერული შემოფარგვლისაგან, წყალსარინისა და განათების ბოძებისაგან. ხიდის ვაკის მოწყობილია მონოლითურ რკინაბეტონის ფილაზე.

ბარიერული და მოაჯირებით შემოფარგვლა ტროტუარის ფილაზე ჭანჭიკებით ადგილზე ჩაბურღულ ნახვრეტებში. წყალსარინის მიღები ჩაწებებულია ფილაში. განათების ბოძები განლაგებულია მოაჯირების წვევებში. მოაჯირების, ბარიერული შემოფარგვლის და წყალსარინის წონა მიღებულია 100 კგ/მ².

2.2.2.2 რკინაბეტონის ფილა

რკინაბეტონის ფილა მოწყობილია 2%-იანი განივი ქანობით. მონოლითური ტროტუარები აწეულია სავალი ნაწილის დონიდან 10 სმ-ით. ბეტონის კლასი სიმტკიცის მიხედვით B35, სიმკვრივე W14, ყინვაგამძლეობა F300.

ფილის მოწყობის სამუშაოების თანმიმდევრობა უნდა განისაზღვროს «ფილის ბეტონირების რეგლამენტში». ამასთანავე ფილის ზედაპირის სისწორე ვიბროლარტყით გასწორების შემდეგ უნდა აკმაყოფილებდეს U3 კლასის

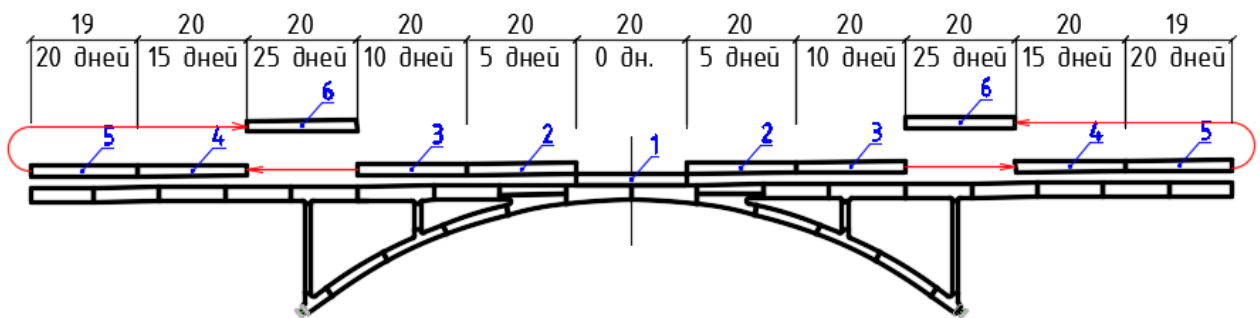
Technical drawing of a platform with dimensions and labels:

- Overall width: 3850
- Platform width: 3000
- Side width: 600
- Height of the platform: 180
- Height of the railing: 1.23
- Height of the base: 0.03
- Height of the base: -0.15
- Height of the base: -0.05
- Labels:
 - Кабели освещения и сигнализации (Cables for lighting and signaling)
 - Перила (Railing)
 - Полимерное покрытие 5 мм (Polymer coating 5 mm)
 - Ø14 шаг 150x150 (Ø14 step 150x150)
 - Бетон В35, F300, W14 (Concrete B35, F300, W14)
 - Ограждение >400 КДж (Barrier >400 KJ)

29

შემაღგენლობაში, ხოლო შეკუმშვის ზონებში გაითვალისწინება ფილის კვეთის სისქის ნახევარი.

ფილა ბეტონირდება ხიდის გასწვრივ 20 მ-იანი სიგრძის პირმოდებით. პირმოდების ბეტონის მოცულობა არ აღემატება 80 მ³. ბეტონის კლასი სიმტკიცის მიხედვით B35, სიმკვრივე W14, ყინვაგამძლეობა F300. შეკლების შემდგომი ანგარიშისთვის ბეტონის საშუალო „ასაკად“ მიღებულია 15 დღე.

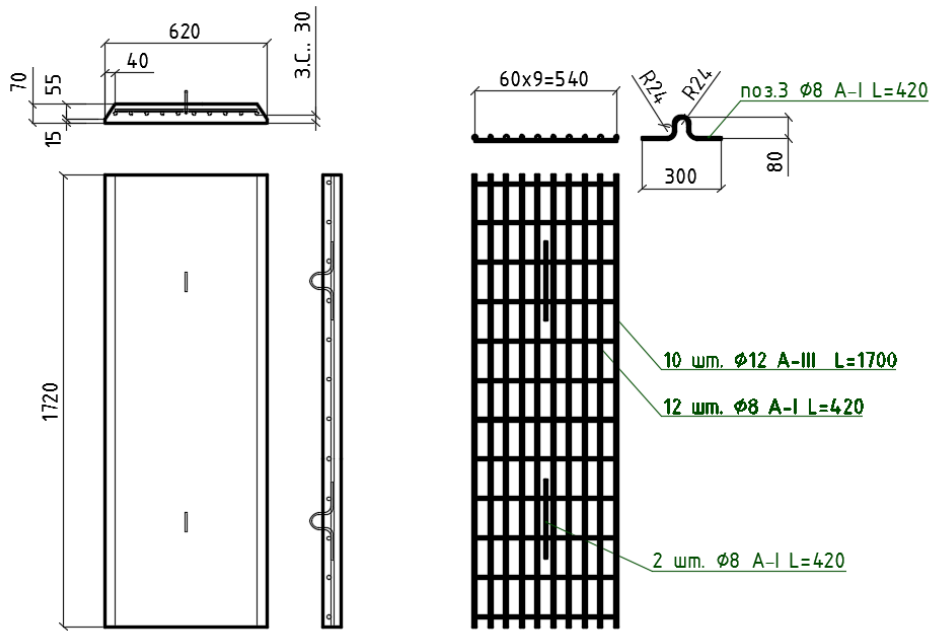


ნახ. 2.15 ბეტონირების ეტაპები

წყალი ფილის და ტროტუარის ზედაპირიდან იკრებება ტროტუარის ნაწიბურიდან 35 სმ-ში. სეალსარინი შესრულებულია მოთუთიებული ფოლადის ელემენტებისაგან. წყალსარინი მილაკები რეზინოვანი ცხაურებით განლაგებულია 12 მ-იანი ბიჯით ხიდის გასწვრივ. წყალსარინი მილაკები ჩაწებებულია ეპოქსიდურ კომპაუნდით ფილის ნახვრეტებში. კონსტრუქცია იძლევა მიმდები მილაკის დონის რეგულირების შესაძლებლობას.

2.2.2.3 ყალბის ანაკრები ფილები

ანაკრები ფილების დანიშნულებაა მონოლითური ბეტონის შეკავება დასხმისას. ნავარაუდებია ფილების დაღაგება ხიდის მთელ სიგრძეზე, რომლის შემდეგაც ეწყობა არმირება ფილის მთელ სიგრძეზე. ასეთი გადაწყვეტა იძლევა საშუალებას უარი ვთქვათ მოსასხნელ ყალიბებზე, გააიაფებს და დააჩქარებს ფილის მოწყობის სამუშაოებს.



ნახ. 2.16 ანაკრები ფილების განივი კვეთი

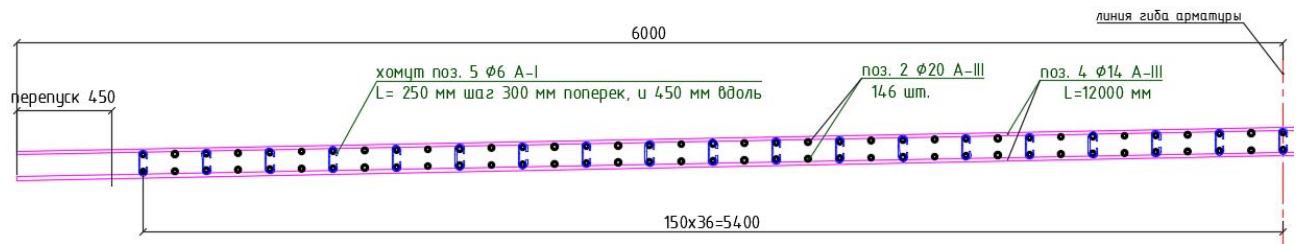
ფილის საშუალო სისქე ძალვისთვის საანგარიშო სქემაში, დაყვანილი ფილის მთლიან სიგანეზე შეადგენს 5 სმ.

2.2.2.4 ფილის არმირება

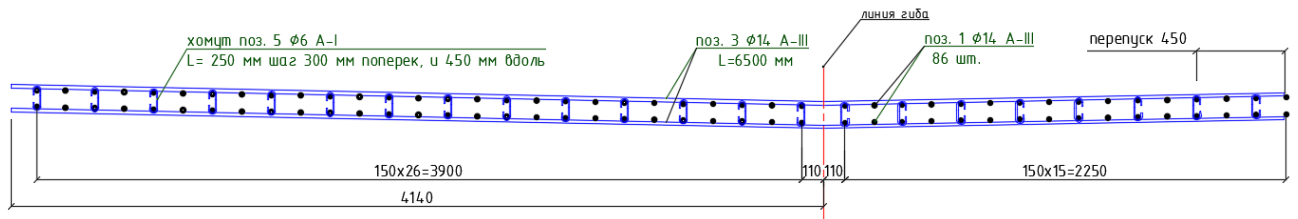
ფილა ხიდის მთელ სიგრძეზე და სიგანეზე ორმაგი ბადით 150 მმ-იანი ბიჯით. განივი არმატურა მიღებულია Ø14 მმ, 25Г2С მარკის ГОСТ 19281 მიხედვით, კლასი A-III. გრძივი არმატურა ხიდის უმეტეს ნაწილზე მიღებულია Ø14 მმ, 25Г2С მარკის ГОСТ 19281 მიხედვით, კლასი A-III, და მხოლოდ თაღის გრძელი დგარების ზონებში მიღებულია Ø25 მმ, 25Г2С მარკის ГОСТ 19281 მიხედვით, კლასი A-III. არმატურების შეპირაპირება შესრულებულია 45 სმ სიგრძეზე პირგადადებით. შეპირაპირებების მდებარეობა ეწყობა ისე, რომ ერთ კვეთში მოხვედეს პირგადადების მხოლოდ 25%.

ფილის საშუალო სისქე ანაკრები ფილების მოცულობის გამოკლებით 21 სმ-ია.

არმირების სქემები ხიდის გასწვრივ და განივად ნაჩვენებია ნახაზებზე.



ნახ. 2.17 მუშა არმატურის განლაგების სქემა. ცენტრალური ბადე

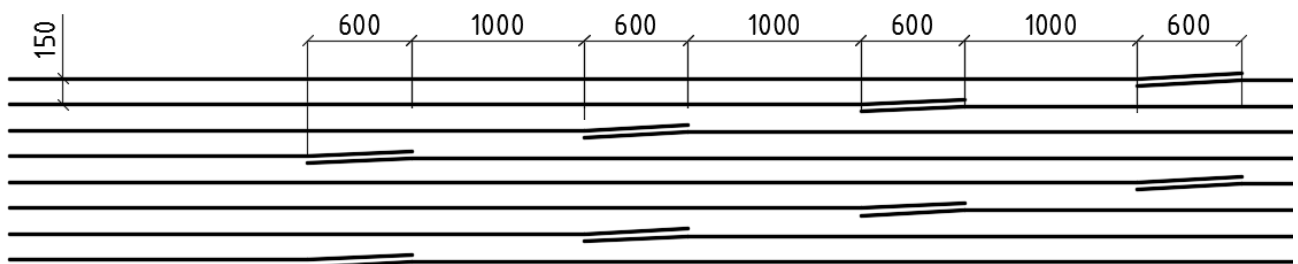


ნახ. 2.18 მუშა არმატურის განლაგების სქემა. გვერდითი ბადეები

არმატურის ყველა შეპირაპირება მოლიანად ხიდის ფილის ფარგლებში შესრულებულია შედუღების გარეშე, მხოლოდ არმატურის ღეროების პირგადადების ხარჯზე.

განივი არმატურის შეპირაპირება შესრულებულია პირგადადების ხარჯზე. ხიდის მთელ სიგრძეზე განივი არმატურის ღეროების დიამეტრი ტოლია 14 სმ-ის, პირგადადების სიგრძე 45 სმ-ია.

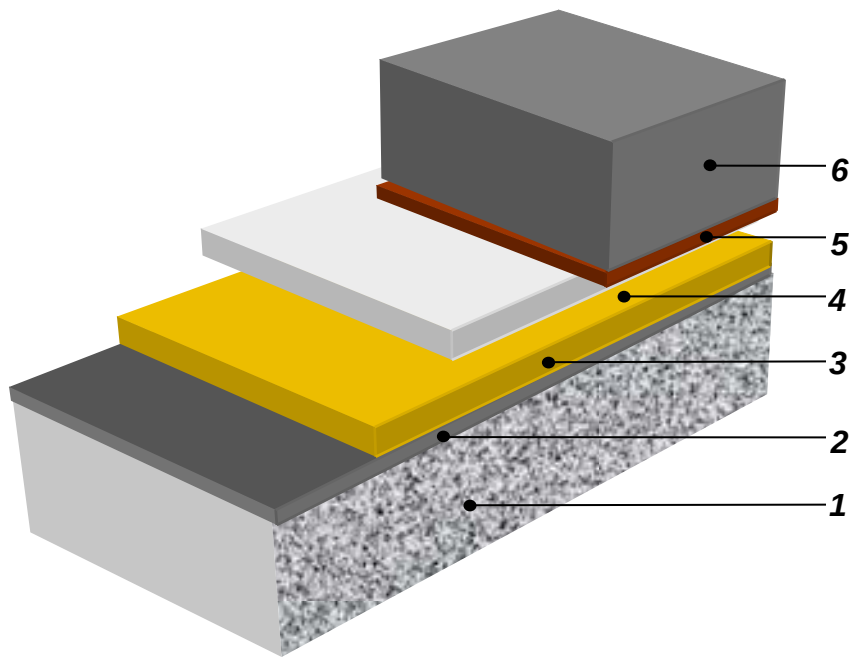
გრძივი არმატურის Ø14 მმ და Ø20 მმ შეპირაპირება შესრულებულია პირგადადების ხარჯზე. შეპირაპირებები განლაგებულია თანაბრადგაბნეულად და ერთ კვეთში განლაგებულია მხოლოდ შეპირაპირების მეოთხედი.



ნახ. 2.19 გრძივი არმატურის შეპირაპირების განლაგების სქემა

2.2.2.5 სამოდრაო ზოლისა და ტროტუარის საფარი

ტროტუარი და ფილა დაფარულია დაფრქვედი მეთილმეტაკრილატური ჰიდროიზოლიაციის ორი ფენით, მაგალითად «ელიმინატორით», წარმოებული ინგლისური კომპანიის Stirling Lloyd მიერ. იზოლიაციის დაგების სამუშაოები სრულდება ბეტონირებიდან არანაკლებ 7 დღის შემდეგ. ფილაზე მეთილმეტაკრილატური ჰიდროიზოლიაციის კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახაზზე.



ნახ. 2.20 საფარის სქემა Eliminator-ის მემბრანით სამოდრაო ზოლის რკ/ბ ფილაზე:
1-ხიდის ფილა; 2-გრუნტი; 3-მემბრანა Eliminator (ფენა 1);
4-მემბრანა Eliminator (ფენა 2); 5-შემაკავშირებელი ფენა ასფალტისთვის;
6-ასფალტი

საავტომობილო საგალი ნაწილის საფარად გათვალისწინებულია მასტიკასფალტი ორ ფენად, თითო ფენის სისქით 4 სმ.

ტროტუარის საფარი თხელია 3-5 სმ სისქით, პოლიმერული, დაფარული აბრაზიული ფენით. მაგალითად, შეიძლება გამოყენებულ იქნას საფარი „Bridgemaster“. ტროტუარის საფარის კონსტრუქცია შემდეგია:

- 1-ი ფენა: PAR1 Primer – ორკომპონენტიანი გრუნტი ფისის საფუძველზე (MMA);
 მე-2 ფენა: Bridgemaster® - ორკომპონენტიანი გრუნტი ფისის საფუძველზე (MMA)
 სისქით 4 მმ;
 მე-3 ფენა: ბაზალტის ფხვნილის ფენა, მსხვილი ფრაქცია 0.9-1.4 მმ;
 მე-4 ფენა: Sealer Matt - ორკომპონენტიანი გრუნტი ფისის საფუძველზე (MMA),
 დაიტანება ლილვაკით 1.1 კგ/მ² ხარჯით

2.3 კოროზიისგან დაცვა

კოროზიისგან დაცვის სისტემამ უნდა უზრუნველყოს დაცვა Ri3 კლასის ISO 4628-3 მიხედვით (დაზიანება არაუმეტეს 1%) 25 წლიანი ექსპლუატაციის შემდეგ.

დაცვის რეკომენდირებული სისტემა ერთკომპონენტიანი პოლიურეტანებისგან, რომელიც პასუხობს წარმოდგენილ მოთხოვნებს, მოცემულია ცხრილში

ფენის მასალის დასახელება	ფენის სისქე ზედაპირისთვის, მკმ		
	გარეგანი	შინაგანი	ბეტონისკენ მიმართული
WG-FERROGALVANIC	100	100	40
WG-WELEFLEX	80	120	-
WG- Sulacover 2K	80	-	-
ფენების ჯამი	260	220	40

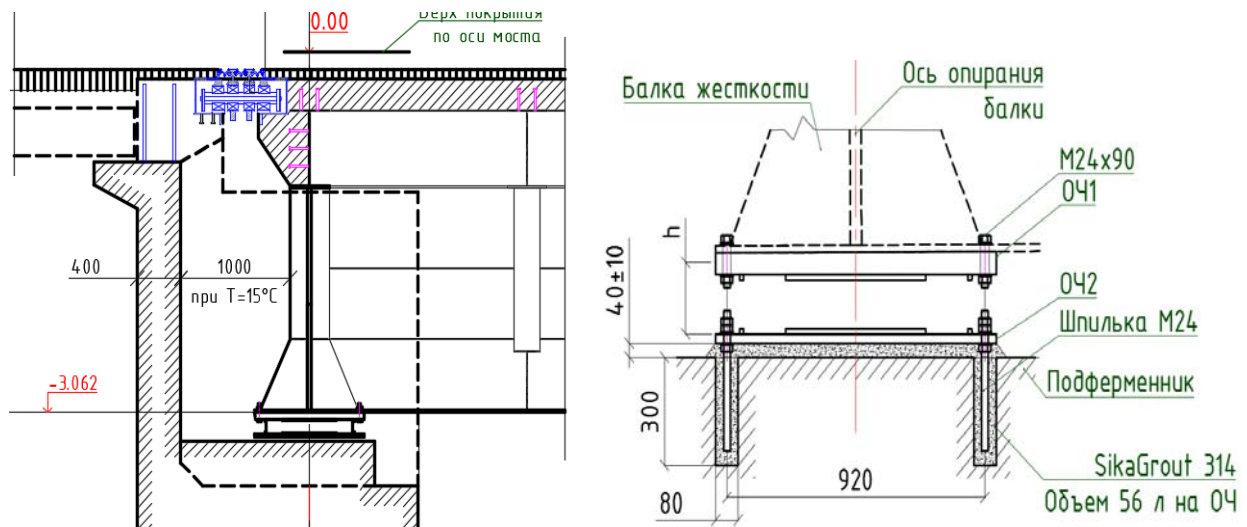
2.4 საყრდენი ნაწილები. კონსტრუქცია და გადაადგილება

ხიდისთვის გამოყენებულია სამი დანიშნულების საყრდენი ნაწილები:

- საყრდენი ნაწილები კოჭის ქვეშ;
- საყრდენი ნაწილები თაღის დგარების ქვეშ;
- საყრდენი ნაწილები განივი შემაკავებლებისთვის.

გარდა ამისა გამოყენებულია ინდივიდუალური პროექტირების, თაღის საძირკველის სხმული ფოლადის სახსრები.

2.4.1 საყრდენი ნაწილები კოჭის ქვეშ



ნახ. 2.21 კოჭების დაყრდნობა ბურჯებზე

კოჭები დაყრდნობილია რეზინოვან საყრდენ ნაწილებზე საანგარიშო მზიდუნარიანობით 800 ტ.

რეზინოვანი საყრდენი ნაწილები სისქით 160 მმ, გეგმაში 800x800 მმ ზომებით, ჩადგმულია ფოლადის გარსაკრში. დანადგარი უზრუნველყოფს თავისუფლად ბრუნვას ღების ირგვლივ ხიდის გრძივად და განივად.

საჭირო რაოდენობა 4 ცალი ხიდზე.

სავარაუდო დამამზადებელი «Mayper» გერმანია.

საანგარიშო ჰორიზონტალური გადაადგილება ± 80 მმ.

საანგარიშო მობრუნების კუთხე 0.003.

2.4.2 საყრდენი ნაწილები თაღის ღვარების ქვეშ

თაღის ღვარები ეყრდნობა თაღს, ხოლო კოჭი ეყრდნობა ღვარებს რეზინოვანი საყრდენი ნაწილების მეშვეობით, საანგარიშო მზიდუნარიანობით 1100 ტ. რეზინოვანი საყრდენი ნაწილები სისქით 40 მმ, გეგმაში 635x1120 მმ ზომებით, ჩადგმულია წყვილად (ორ ორად ხიდის განივად). დანადგარი უზრუნველყოფს თავისუფლად ბრუნვას ღების ირგვლივ ხიდის განივად, და ეწინააღმდეგება ბრუნვას ღების ირგვლივ ხიდის გასწვრივ.

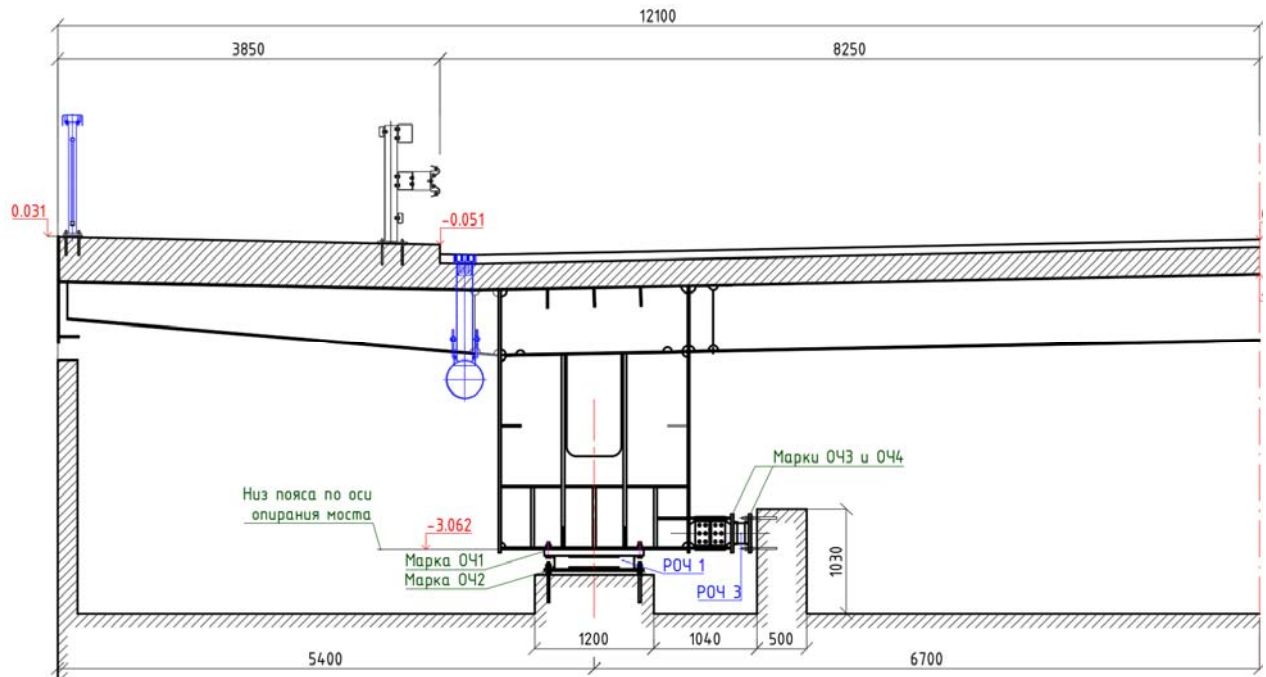
საანგარიშო ჰორიზონტალური გადაადგილება ± 80 მმ.

საანგარიშო მობრუნების კუთხე 0.003.

საჭირო რაოდენობა 32 ცალი ხიდზე.

სავარაუდო დამამზადებელი «Mayper» გერმანია.

2.4.3 საყრდენი ნაწილები განივი შემაკავებლებისთვის



ნახ. 2.22 რეზინოვანი საყრდენი ნაწილების და გვერდითი შემაკავებლების განლაგება კოჭის ქვეშ

ხიდის გვერდითი შემაკავებლები დამზადებულია სუსტად არმირებული რეზინისაგან, საანგარიშო მზიდუნარიანობით 100 ტ.

ზომები 200x200x160 მმ.

საჭირო რაოდენობა 32 ცალი ხიდზე.

სავარაუდო დამამზადებელი «Mayper» გერმანია.

საანგარიშო ჰორიზონტალური გადაადგილება ± 80 მმ.

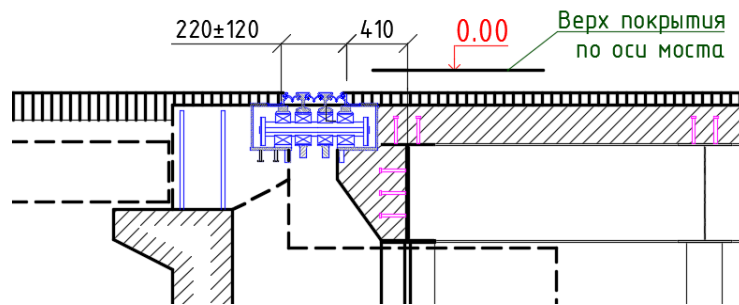
საანგარიშო მობრუნების კუთხე 0.00.

2.5 დეფორმაციული ნაკერები. კონსტრუქცია და გადაადგილება

ტემპერატურული გადაადგილებები დეფორმაციული ნაკერის ღონეში შეადგენს ± 74 მმ.

დროებითი დატვირთვით გამოწვეული გადაადგილება კოჭის ტორსის კუთხიდან შეადგენს +10 მმ-ს; -2 მმ.

სრული გადაადგილება ± 84 მმ.



ნახ. 2.23 დეფორმაციული ნაკერის სქემა

გადაადგილებების საკომპენსაციოდ საჭიროა ნაკერის სამი მოდულის დაყენება, გარანტირებული გადაადგილებით ± 120 მმ. გადაადგილების რეზერვი იძლევა შესაძლებლობას უზრუნველყოს ნაკერის მუშაობა საშუალო დრეჩოებით (არა ზღვრულით).

2.6 ბურჯები

ხიდის შუალედური ბურჯები წარმოადგენენ მონოლითური რკინაბეტონის როსტვერკებს 1.5 მ დიამეტრის და 26 მ სიგრძის ნაბურღ-ნატენ ხიმინჯებზე. თაღის თითოეული სახსარის ქვეშ ფუნდამენტში განთავსებულია 12 ხიმინჯი. სახსარის მიერთება რკინაბეტონის როსტვერკზე ნაჩვენებია ნახ. 2.11.

ბურჯები მონოლითური რკინაბეტონის 1.5 მ დიამეტრის და 26 მ სიგრძის ნაბურღ-ნატენ ხიმინჯებზე ინდივიდუალური პროექტირებისაა. ყოველ ბურჯზე გათვალისწინებულია 14 ხიმინჯის მოწყობა. ხიდის მაღის ნაშენის განივი გადაადგილების შეზღუდვისთვის გათვალისწინებულია ბურჯებზე რკინაბეტონის საყრდენების მოწყობა.

2.7 შეუღლებები და კონუსები

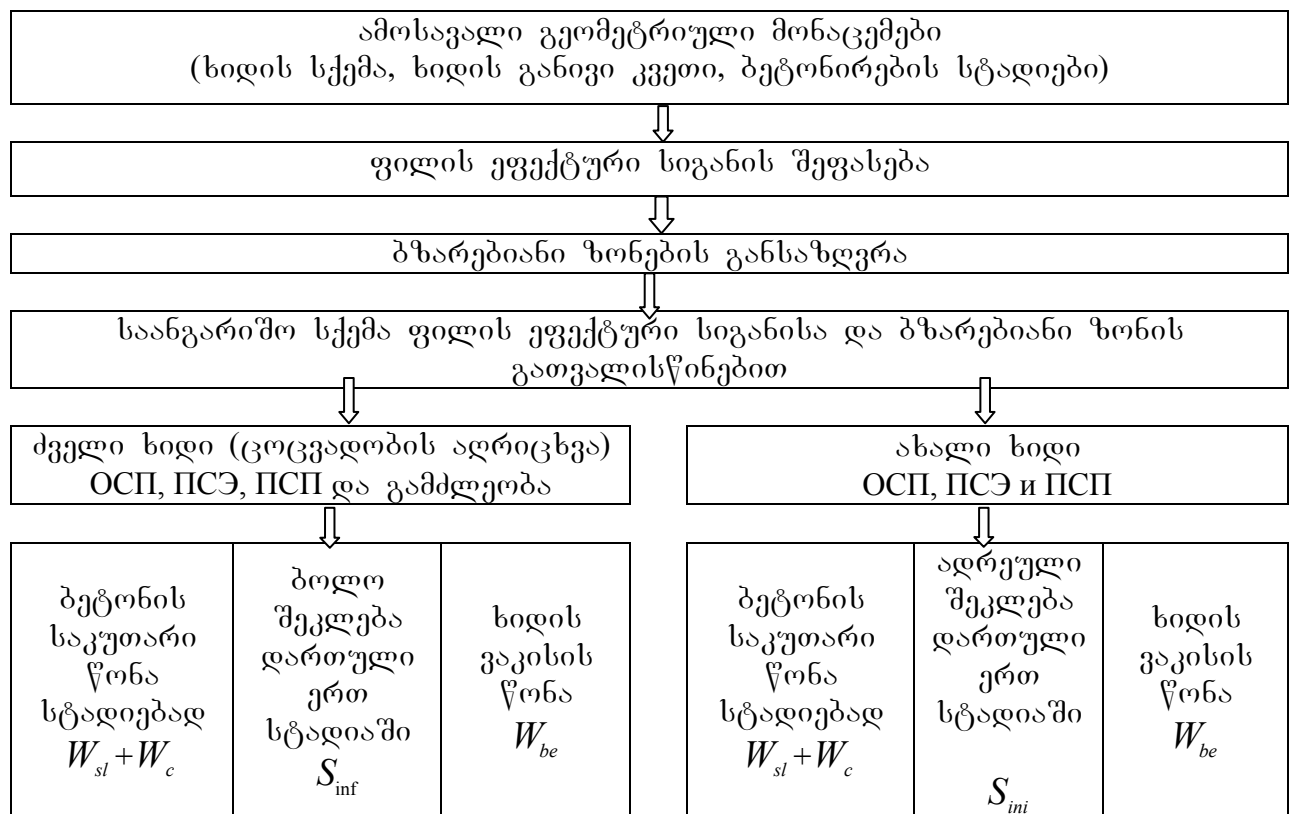
შეუღლების კონსტრუქცია გასასვლელებით სავალი ნაწილის ფარგლებში წარმოადგენს ნახევრადდაძირული ტიპის გარდამავალ ფილებს სიგრძით 6.0 მ, სისქით 30 სმ (ბაგების მხრიდან) და სიგრძით 8.0 მ, სისქით 40 სმ (უნივერსიტეტის ქუჩის მხრიდან ანაკრებ-მონოლითური რკინაბეტონისაგან. ერთი ბოლოთი ფილები

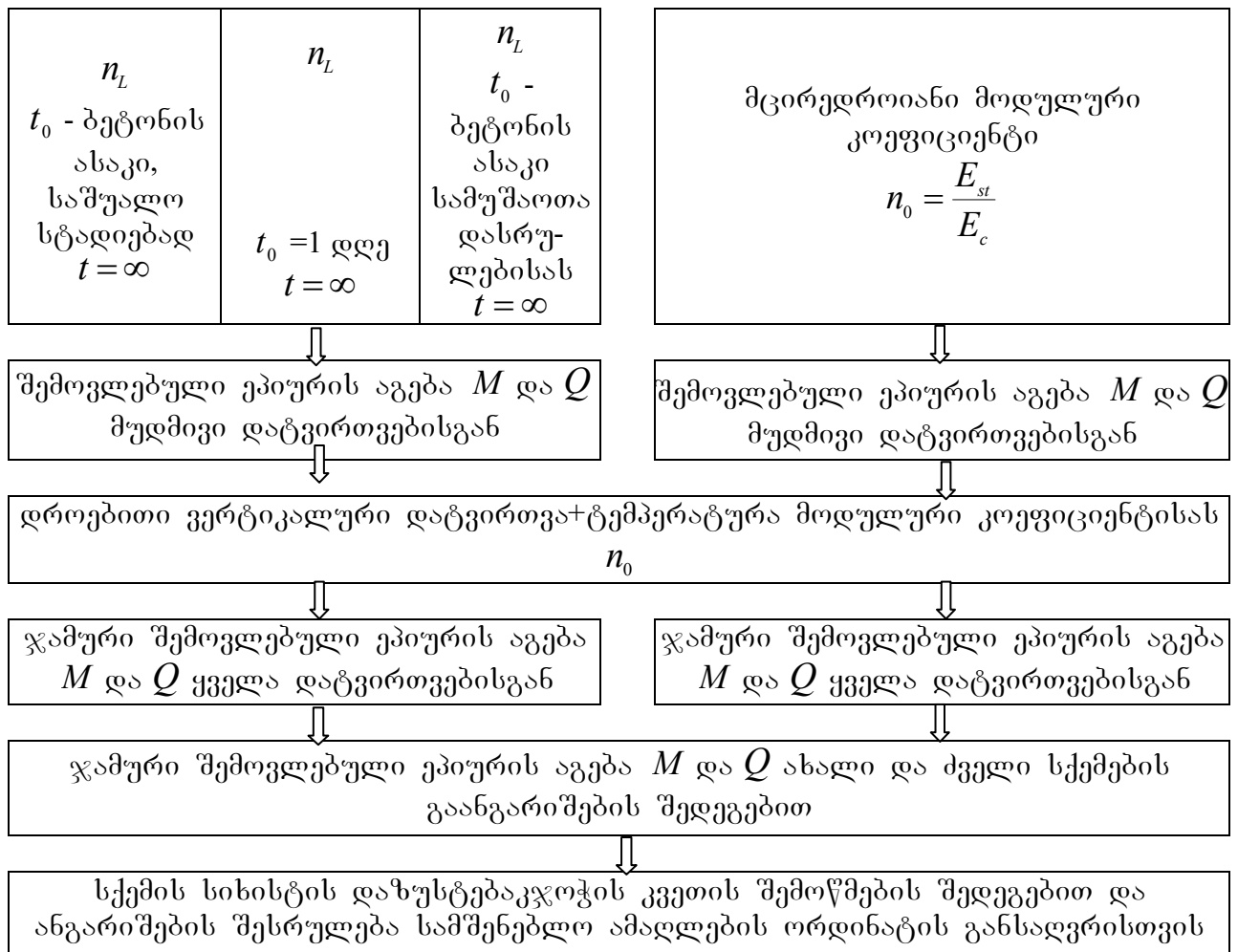
ეყრდნობა საკარადე კედელს, მეორე ბოლოთი გაერთიანებულია ერთიან მონოლითურ კონსტრუქციაში, დაყრდნობილს ჩასოლვის მეთოდით მოწყობილ ფრაქციული ღორღის ბალიშზე. ტროტუარების ფარგლებში ეწყობა 3.0 მ სიგრძის გარდამავალი ფილები. ფილების კონსტრუქცია მიღებულია ტკ სერია 3.503.1-96 შესაბამისად «ავტოსაგზაო გზაგამტარების შეუღლება ყრილთან».

ყრილის მოსაწყობად საჭიროა ხრეშოვანი ქვიშის გამოყენება, მსხვილი ან საშუალო ფრაქციისარანაკლებ 2 მ/დღ.დამ ფილტრაციის კოეფიციენტი. გრუნტი არ უნდა იყოს აგრესიული კონუსის ტანში განთავსებული კონსტრუქციების მიმართ. გრუნტი იტკეპნება 0.98 და მეტ კოეფიციენტამდე. დატკეპნისას ყრილის ტენიანობა არ უნდა განსხვავდებოდეს ოპტიმალურისაგან არაუმეტეს $\pm 2\%$ -ისა.

3. დატვირთვები და ძირითადი საანგარიშო დებულებები

ფოლადრკინაბეტონის ხიდის გაანგარიშების საერთო სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3.1. სქემა შეესაბამება EN 1994-2 დებულებებს.





ნახ. 3.1 ხიდის გაანგარიშების საერთო თანმიმდევრობა

ფილის ეფექტური სიგანის გაანგარიშება შესრულებულია პ. 5.4.1.2 EN1994-2 მიხედვით.

საანგარიშო სკემაში სიხისტის აღრიცხვისას გაითვალისწინება ბზარებიანი ზონები ფილის დაჭიმვის ადგილებში. კრიტერიუმი არის ბეტონის დაჭიმვის დონე. მითითების EN1994-2 თანახმად დაჭიმულ ზონას მიეკუთვნება ფალა დაჭიმულობით მეტი $2f_{ctm}$ -ისა, ე. ი. ბეტონის ორმაგი მედეგობა დაჭიმვაზე. B35 კლასის ბეტონისთვის $f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 0.3 \cdot (0.8 \cdot 35)^{2/3} = 2.8$ მპა, როცა საშუალო სიმტკიცის გაორმაგებული მნიშვნელობა = 5.6 მპა.

3.1 ზემოქმედების და თავსებადობის კოეფიციენტები

3.1.1 ზოგადი დებულებები

(პირველწყარო EN 1990:2002+A1:2005/ AC:2008, დანართის დამატებით A2 «ხიდებისთვის»).

ცხრილი A2.4(B) კონსტრუქციაზე ზემოქმედების საანგარიშო მნიშვნელობები

ფორმულა	მუდმივი დატვირთვები		ძირითადი დროებითი მოქმედება	თანმხლები დროებითი დატვირთვები	
	არახელსაყრელი	ხელსაყრელი		ძირითადი	სხვა
(6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	-	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(6.10b)	$\xi_j \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

მიღებულია ცხრილიდან A2.4(B) დატვირთვებისთვის LM1

ფორმულა	მუდმივი დატვირთვები		ძირითადი დროებითი მოქმედება	თანმხლები დროებითი დატვირთვები	
	არახელსაყრელი	ხელსაყრელი		ძირითადი	სხვა
(6.10)	$1.35 G_{kj,sup}$	$1 \cdot G_{kj,inf}$	$1.35 Q_{k,1}$		$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(6.10a)	$1.35 G_{kj,sup}$	$1 \cdot G_{kj,inf}$	-	$1.5 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(6.10b)	$0.85 \cdot 1.35 G_{kj,sup}$	$1 \cdot G_{kj,inf}$	$1.35 Q_{k,1}$		$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$

$\gamma_{Gj,sup} (G_{kj,inf})$ – საიმედოობის კოეფიციენტი მუდმივი დატვირთვისთვის არახელსაყრელი (ხელსაყრელი) $\gamma_{Gj,sup} = 1,35 (\gamma_{Gj,inf} = 1,0)$;

$G_{kj,sup} (G_{kj,inf})$ – მუდმივი დატვირთვის მახასიათებელი მნიშვნელობები არახელსაყრელი (ხელსაყრელი);

$\gamma_{Q,1}$ - ცვლადი (კვაზიმუდმივი) დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტი;

$Q_{k,1}$ - არახელსაყრელი დროებითი დატვირთვის მახასიათებელი მნიშვნელობა (ხელსაყრელი მნიშვნელობა = 0);

$\gamma_{Q,1} = 1.35$ - საავტომობილო ხიდებისთვის;

$\gamma_{Q,i} = 1.5$ – ყველა სხვა ცვლადი ზემოქმედებისთვის;

$\psi_{0,i}$ – სხვა ცვლადი დატვირთვების კომბინაციის კოეფიციენტი ცხრ. A 2.3;

ξ_j – რედუქციულობის კოეფიციენტი = 0.85.

ცხრ. A2.3 EN 1990 კომბინაციის კოეფიციენტის რეკომენდირებული მნიშვნელობები ψ

	ზემოქმედება	ψ_0	ψ_1	ψ_2
მოძრაობის ზემოქმედების ინდივიდუალური კომპონენტები	LM1	0.8	¹⁾	0
	დაძვრა და დამუხრუჭება	როგორც ვერტ. დატვირთვ.		
	ცენტრიდანული ძალა			
	გვერდითი დარტყმები	1.0	0.8	0
	ფეხით მოსიარულეთაგან დატვირთვები	0.8	0.5	0
	ჩამოშლის პრიზმაზე დატვირთვები	0.8	¹⁾	0
	აეროდინამიკური ეფექტი	0.8	0.5	0
ქარი	FW_k (ქარი როგორც დამატებითი)	0.6	0.5	0
	F_w^{**} (ქარი როგორც ძირითადი)	1	0	0
ტემპერატურა	T_k	0.6	0.6	0.5
თოვლი	Sn	0.8	-	0

3.1.2 დატვირთვების კომბინაცია ხიდისთვის ქ. თბილისში

უნდა განხილულ იქნას საანგარიშო დატვირთვების სამი ძირითადი კომბინაცია ფორმულებით 6.10, 6.10a и 6.10b EN 1990: მუდმივი დატვირთვები (მზიდი და დამხმარე კონსტრუქციები) გაზრდილი 1.35-ჯერ + ძირითადი დროებითი (LM1) გაზრდილი 1.35-ჯერ + სხვა (ქარი, ტემპერატურა და მსგავსი) გაზრდილი 1.5-ჯერ და გამრავლებული რედუქციულ კოეფიციენტზე $\psi_{0,i}$ ცხრ. A2.3 EN 1990.

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

ძირითადი საპროექტო სიტუაცია (გაანგარიშებები პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისას) სიმტკიცის და მდგრადობის გასაანგარიშებლად:

$$E_d = 1.35 \cdot SW + (1.35 \text{ или } 0) \cdot Sh + 1.35 \cdot LM1_{UDL} \cdot \psi_0 + 1.35 \cdot LM1_{TS} \cdot \psi_0 + 0.5 \cdot 1.35 \cdot LM4 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot T_0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot F_{wk}$$

დატვირთვები **LM1** ხიდისთვის ქ. თბილისში მიღებულია $\psi_0 = 1$, ე. ი. შემამცირებელი კოეფიციენტის გარეშე¹

ძირითადი საპროექტო სიტუაცია გამძლეობის გასაანგარიშებლად:

$$E_{d,fat} = 1.0 \cdot LM1_{UDL} \cdot \psi_{UDL} + 1.0 \cdot LM1_{TS} \cdot \psi_{TS} = 0,3LM1_{UDL} + 0,7LM1_{TS}$$

$\psi_{UDL} = 0.3$ - რედუქციული კოეფიციენტი განაწილებული დატვირთვისთვის

$\psi_{TS} = 0.7$ - რედუქციული კოეფიციენტი ტანდემებისთვის

დეფორმაციული ნაკერების ზონებისთვის (6 მ-ის ფარგლებში) საჭიროა შევიტანოთ დამატებითი დინამიკურობის კოეფიციენტი $\Delta\varphi_{fat} = 1.3$.

ძირითადი საპროექტო სიტუაცია (გაანგარიშებები პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისას – ბზარმედგობის გაანგარიშება) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$E_k = 1.0 \cdot SW + (1.0 \text{ ან } 0) \cdot Sh + 1.0 \cdot LM1 \cdot \psi_0 + 0.5 \cdot LM4 + 1.0 \cdot 0.6 \cdot T_0$$

ძირითადი საპროექტო სიტუაცია (სამშენებლო ამადლების გაანგარიშება) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$1.0 \cdot SW + 1.0 \cdot Sh$$

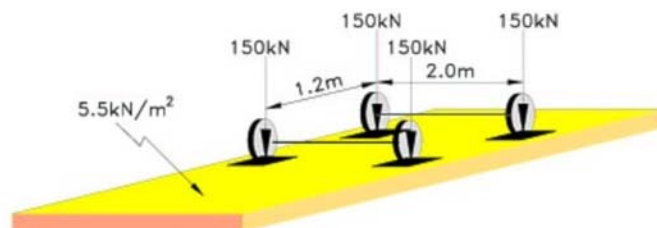
სადაც,

SW - საკუთარი წონა;

Sh - შეჯდენა.

¹ ამასთან დამატებით, ქალაქის პირობებში (არა მაგისტრალური ხიდისთვის) შესაძლებელია შემოვიტანოთ შემამცირებელი კოეფიციენტი $\psi_n \leq 1.0$ - რედუქციული კოეფიციენტი დატვირთვისთვის $LM1$.

დატვირტვა $LM1$ გათვალისწინებულია ხიდებისთვის ავტომაგისტრალზე, სადაც უმეტესობა მძიმე სატვირთო ავტოტრანსპორტია. ყველა ქვეყანაში არ გამოიყენება დატვირტვა $LM1$ რედუქციულობის გარეშე. შემოთავაზებული კოეფიციენტი ტოლი $\psi_n = 0.8$ -ისა შეამცირებს საავტომობილო დატვირთვის დონეს, მაგრამ ამასთანავე, რედუქციული საანგარიშო დატვირტვა იქნება მეტი ამერიკული დატვირთვის ნორმებისა AASHTO მიხედვით, და მეტი ვიდრე ინგლისში ლოკუმენტში «Load Models & Groups to UK National Annex - BS EN 1991-2:2003 + UK NA». Load Model 1 (LM1) - Clause 4.3.2 + NA.2.12. A double-axle load (called the Tandem System) applied in each traffic lane in conjunction with a uniformly distributed load (called the UDL System).



The UK use a 300kN axle load with a uniformly distributed load of 5.5kN/m². If there is more than one lane of traffic then the axle load is reduced in adjacent lanes (200kN in lane 2, 100kN in lane 3 and 0kN in other lanes). This loading covers most of the effects of the traffic of Lorries and Cars.

LM1 საავტომობილო დატვირტვა (მოდელი 1)

LM4 - ფეხით მოსიარულეთაგან დატვირტვა (მოდელი 4)

UDL - uniform distributed load – თანაბრად განაწილებული დატვირტვა

TS - tandem system – ტანდემი

T_0 - ტემპერატურა (ტემპერატურათა სხვაობა ფოლადის კოჭსა და რკინაბეტონის ფილას შორის ფოლად-რკინაბეტონისკვეთების გაანგარიშებისას).

F_{wk} - ქარის ზემოქმედება.

დატვირთვების კომბინაცია სეისმური საანგარიშო სიტუაციებისას (II.6.4.3.4 EN 1998)

ზემოქმედების ეფექტი შეიძლება (პ. 6.4.3.4 EN 1990) ჩაიწეროს ამ სახით:

$$E_d = G_{k,j} + P + A_{Ed} + \psi_2 Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

ზემოქმედების ეფექტი შეიძლება (პ. 5.5 EN 1998-2) ჩაიწეროს ამ სახით:

$$E_d = G_{k,j} + P + A_{Ed} + \psi_2 Q_{k,i} + Q_2 \quad (5.4)$$

სადაც

$G_{k,j}$ დამახასიათებელი მუდმივი დატვირთვები (მაღის ნაშენისა და ბურჯების საკუთარი წონა);

$P = 0$ წინასწარდაბევა;

A_{Ed} - სეისმური ზემოქმედების საანგარიშო მნიშვნელობა EN 1998-1, EN 1998-2.

მიხედვით, მიღებული სპექტრული მეთოდის საფუძველზე. მეთოდის საფუძველია ფორმულა, რომელშიც ინერციული ძალები განსაზღვრულია ცხრილის მნიშვნელობაზე მასის წარმოების შედეგად და რიგ კოეფიციენტებზე.

ამასთანავე:

$\psi_{2,i} = 0$ – კომბინაციის კოეფიციენტი არაძირითადი დროებითი ზემოქმედებისთვის

(მოცემულ შემთხვევაში დროებითი დატვირთვა LM1); ითვლება, რომ მანქანის მასის ბიძგის მომენტში არ შეიძლება ჩაირთოს მაღის ნაშენის ინერციული მასები მათ შორის არახისტი კავშირების გამო.

$Q_{k,i}$ არაძირითადი დროებითი ზემოქმედება (მოცემულ შემთხვევაში დროებითი დატვირთვებისთვის LM1).

როცა გამოსახულებას (6.12b) ექნება შემდეგი სახე:

$$E_d = G_{k,j} + A_{Ed}.$$

საანგარიშო ინერციული ძალები განისაზღვრება ხიდის პასუხისმგებლობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით γ_r .

$$A_{Ed} = \gamma_r A_{Ed}$$

სადაც:

$\gamma_r = 0.95$ ხიდები I კლასის (ხიდები ექსპლუატაციის დროით 50 წელზე ნაკლები)

$\gamma_r = 1.0$ ხიდები II კლასის (არამაგისტრალური ხიდები)

$\gamma_r = 1.3$ ხიდები III კლასის (სტრატეგიული მნიშვნელობის ხიდები და უალტერნატივო ხიდები)

ხიდი მდ. ვერეხე ქ. თბილისში მიკუთვნებულია II კლასს. $\gamma_r = 1.0$.

3.2 მუდმივი დატვირთვები

3.2.1 კონსტრუქციის საკუთარი წონა

კონსტრუქციის ელემენტების საკუთარი წონის განსაზღვრისთვის მიღებულია შემდეგი სიმკვრევები

ფოლადის ნაგლინი	7.85 ტ/მ ³
რკინაბეტონი	2.5 ტ/მ ³
ასფალტი და ბეტონი	2.4 ტ/მ ³

ხიდზე მუდმივი დატვირთვების სიდიდეები წარმოდგენილია ცხრილში 3.1

ცხრილი 3.1

სამოძრაო სიგანე, მ	16.5
ტროტუარების სიგანე, მ	3.87
ფილის სიგანე, მ	24.2

№№	მუდმივი დატვირთვები	საიმედო-ობის კოეფ.	დატვირთვის რაოდენობა ფართზე		დატვირთვის რაოდენობა ხიდის სიგრძეზე	
		γ_f	დამახასიათებელი	საანგარიშო	დამახასიათებელი	საანგარიშო
მზიდი კონსტრუქციები						
1	მთავარი კოჭები	135	0.320ტ/მ²	0.432ტ/მ²	7.74ტ/მ	10.45ტ/მ
2	განივი კოჭები	135	0.050ტ/მ²	0.068ტ/მ²	1.21ტ/მ	1.63ტ/მ
3	მომსახურეთა გასასვლელები (0.4 ტ/მ)	135	0.017ტ/მ²	0.022ტ/მ²	0.40ტ/მ	0.54ტ/მ
4	საყალიბე ანაკრები ფილები (საშ. 5 სმ)	135	0.120ტ/მ²	0.162ტ/მ²	2.90ტ/მ	3.92ტ/მ
5	ფილის არმატურა	135	0.080ტ/მ²	0.108ტ/მ²	1.94ტ/მ	2.61ტ/მ
6	ფილის მონოლითური ბეტონი 21 სმ	135	0.504ტ/მ²	0.680ტ/მ²	12.20ტ/მ	16.47ტ/მ
სულ მზიდი კონსტრუქციები			1.091ტ/მ²	1.472ტ/მ²	26.39ტ/მ	35.63ტ/მ

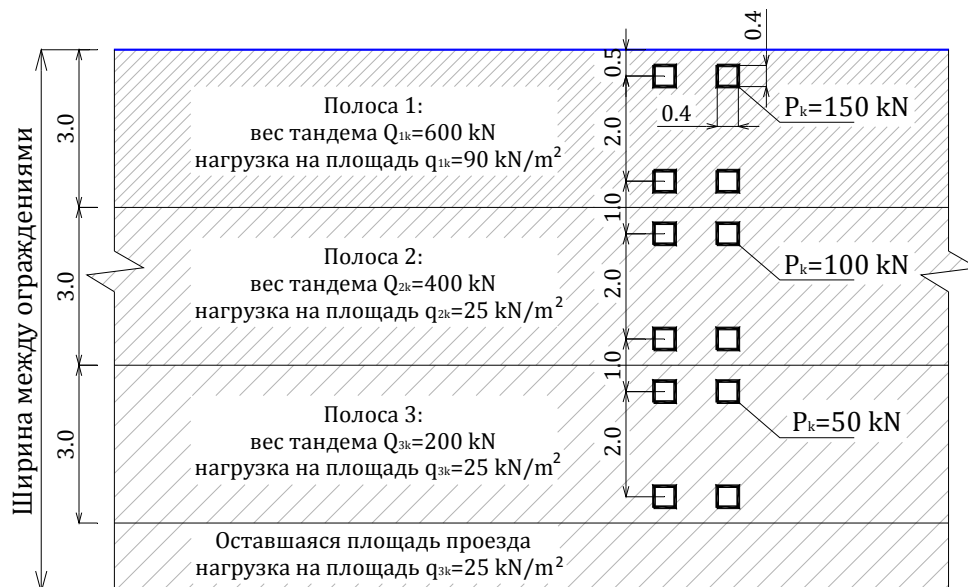
ხიდის ვაკისი						
7	ტროტუარის რკინაბეტონი 20 სმ	135	0.500ტ/მ ²	0.675ტ/მ ²	3.87ტ/მ	5.22ტ/მ
8	სავალი ზოლის საფარი 8 სმ	135	0.192ტ/მ ²	0.259ტ/მ ²	3.17ტ/მ	4.28ტ/მ
9	შემოფარგვლა, ბოძები და წყალსარინი ტროტუარებზე (0.3 ტ/მ ტროტუარის 1 მ-ზე)	135	0.078ტ/მ ²	0.105ტ/მ ²	0.60ტ/მ	0.81ტ/მ
სულ ხიდის ვაკისი ფილის მთელ სიგანეზე			0.316ტ/მ ²	0.426ტ/მ ²	7.64ტ/მ	10.31ტ/მ
სულ ფილის მთელ სიგანეზე ტ და მ			1.41ტ/მ ²	1.90ტ/მ ²	34.0ტ/მ ²	45.9ტ/მ ²

3.3 ტრანსპორტის დატვირთვები

ვერტიკალური მოძრაობი საავტომობილო დატვირთვები ხიდზე EN 1991-2-ში წარმოდგენილია რამდენიმე დატვირთვების მოდელებით (Load Model - LM).

3.3.1 ვერტიკალური დატვირთვები

ხიდის ყველა გაანგარიშებებისთვის გამოიყენება შემდეგი 4 მოდელი:



ნახ. 3.2 დატვირთვა ფართზე და ტანდემი LM1

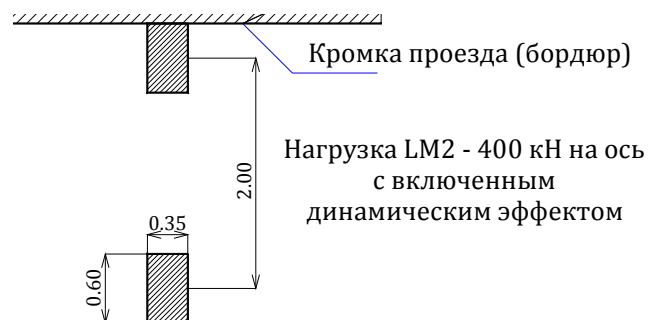
(1) LM1 – გამოიყენება ხიდების გლობალური გამოთვლებისთვის. დატვირთვის ყოველ ზოლზე i მდებარეობს ერთი ტანდემი, დატვირთვით ღერძზე და ფართზე განაწილებული დატვირთვა Q_i და ფართზე განაწილებული დატვირთვა q_i . დატვირთვის ზოლების რაოდენობა ტოლია მთლიანი სამოძრაო ზოლის სიგანის განაყოფისა ზოლის სიგანეზე და $=3.0$ მ. მახასიათებელი დატვირთვების

მნიშვნელობა მოცემულია ცხრ. 3.1. დატვირთვების საანგარიშო მნიშვნელობა ტოლია მახასიათებელი დატვირთვების წარმოებულისა საიმედოობის კოეფიციენტზე $\gamma_f = 1.35$.

თუ არ არის სხვა წინაპირობა, მაშინ დატვირთვის მნიშვნელობის გაზრდა დინამიკური ეფექტის ხარჯზე ჩართულია მახასიათებელი დატვირთვების მნიშვნელობაში ღერძზე Q_{ik} და წნევაზე ფართზე q_{ik} .

დატვირთვის ზოლის ნომერი	ტანდემის ღერძზე დატვირთვა Q_{ik} , kH	დატვირთვა ზოლზე q_{ik} , kH/m ²
1-ი ზოლი	300	9
მე-2-ე ზოლი	200	2.5
მე-3-ე ზოლი	100	2.5
სხვა ზოლები და ფართები	0	2.5

(2) LM2 – ეს არის ერთეული ღერძი ხიდების სავალი ზოლის ფილის გასაანგარიშებლად და სხვა ადგილობრივი გაანგარიშებებისთვის, გზის ზედაპირის უსწორმასწორობებით გამოწვეული დარტყმითი ეფექტების გათვალისწინებით. ერთეული ღერძის დაწოლის მახასიათებელი მნიშვნელობა $Q_{ak} = 400$ კნიუტ. ბორბლის კვადრის ზომა 0.35x0.6 მ.



ნახ. 3.3 დატვირთვა LM2

(3) LM3 – სპეციალური ერთეული სატრანსპორტო საშუალებები, ჯაჭვურად განლაგებული განლაგებული ღერძებით 1.5 მ-იანი დაშორებით, ან ღერძების ორი ჯგუფი, განთავსებით 12 მ მანძილზე. უდიდესი მახასიათებელი დატვირთვა შეიძლება მიაღწიოს 3600 კნიუტ წონას (მიიღება დანართის A [15] ცხრილებით A1 და A2).

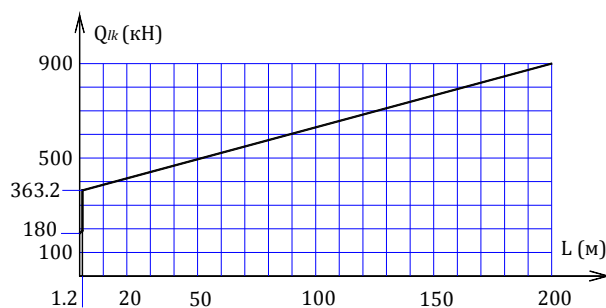
ხიდებისთვის სამი სამოძრაო ზოლით დატვირთვა LM1, როგორც წესი, ფარავს მოდელი LM3 მოქმედებას.

(4) LM4 – ფეხით მოსიარულეებისგან დატვირთვა, ფართზე განაწილებული მახასიათებელი დატვირთვის სახით დინამიურობის კოეფიციენტის 5 კნიუტ/მ² ჩართვით.

გამძლეობის გასაანგარიშებლად გამოყენებულია მოდელი LM1 შემამცირებელი კოეფიციენტებით განაწილებულისთვის და ტანდემებისთვის.

3.3.2 ჰორიზონტალური დატვირთვები

ჰორიზონტალური დატვირთვები ევროკოდებში განხილულია დამუხრუჭება (აჩქარება) ძალების Q_{ik} სახით და შესაძლებელია განისაზღვროს გრაფიკიდან ნახ. 3.4. Q_{ik} ძალის მახასიათებელი მნიშვნელობა შეზღუდულია 900 კნიუტ სიდიდით.



ნახ. 3.4 დამუხრუჭება (აჩქარება) ძალის მახასიათებელი მნიშვნელობა Q_{ik} , კნიუტ

3.3.3 საავტომობილო დატვირთვები სიმტკიცის

და საიმედოობის გასაანგარიშებლად

ხიდზე საავტომობილო დატვირთვების საბოლოო ცხრილი EN 1991-2 მიხედვით წარმოდგენილია ცხრილში 3.2.

ცხრილი 3.2

სამოდრო ზოლის სიგანე, მ			16.5					
ზოლის სიგანე, მ			3					
სამოდრო ზოლების რაოდენობა, ცალი			5.5					
დატვირ- თვა LM1	ზოლი	მახასი- ათებელი სიდიდე ტ/მ²	რედუქ- ციის კოეფიც.	მახასიათებელი რედუცირებული სიდიდე ზოლების მიხედვით		საიმე- დობის კოეფიც.	საანგარიშო რედუცირებული სიდიდე ზოლების მიხედვით	
			ψ			γ _f		
განაწი- ლებული UDL Sistem LM1	1	0.90 ტ/მ²	1	0.90 ტ/მ²	270 ტ/მ	1.35	1.22 ტ/მ²	3.65 ტ/მ
	2	0.25 ტ/მ²	1	0.25 ტ/მ²	0.75 ტ/მ	1.35	0.34 ტ/მ²	1.01 ტ
	3	0.25 ტ/მ²	1	0.25 ტ/მ²	0.75 ტ/მ	1.35	0.34 ტ/მ²	1.01 ტ
	4	0.25 ტ/მ²	1	0.25 ტ/მ²	0.75 ტ/მ	1.35	0.34 ტ/მ²	1.01 ტ
	5	0.25 ტ/მ²	1	0.25 ტ/მ²	0.75 ტ/მ	1.35	0.34 ტ/მ²	1.01 ტ
	სულ ხიდზე (საკონტროლო)					6.1 ტ/მ	სულ ხიდზე	8.20 ტ
ტანდემი (2ღეძი) Tandem Sistem LM1	1	60.0 ტ	1	60.0 ტ	60.0 ტ	1.35	81.0 ტ	81.0 ტ
	2	40.0 ტ	1	40.0 ტ	40.0 ტ	1.35	54.0 ტ	54.0 ტ
	3	20.0 ტ	1	20.0 ტ	20.0 ტ	1.35	27.0 ტ	27.0 ტ
	4	0.0 ტ	1	0.0 ტ	0.0 ტ	1.35	0.0 ტ	0.0 ტ
	5	0.0 ტ	1	0.0 ტ	0.0 ტ	1.35	0.0 ტ	0.0 ტ
	სულ ხიდზე (საკონტროლო)					120.0 ტ	სულ ხიდზე	162.0 ტ
ღერძის ბორბლის დაწოლა ანაბეჭდით 0.6x0.35, ბორბლებს შორის მანძილი (ღერძებს შორის) 2.0 მ								
LM2	ერთი ბორბლის დაწოლა			20.0 ტ		1.35	27.0 ტ	
ფეხით მოსიარულეები ტროტუარზე								
LM4	დაწოლა ფართზე			0.50 ტ/მ²		1.35	0.68 ტ/მ²	
აჩქარება-დამუხრუჭება ხიდზე (ჰორიზონტალური ძალა)								
		90.0 ტ	1	90.0 ტ		1.35	121.5 ტ	

3.3.4 დატვირთვები გამძლეობის საანგარიშოდ

გამძლეობის გასაანგარიშებლად ევროკოდებში შემოთავაზებულია 5 მოდელი. მიღებულია LM1 რედუქციული კოეფიციენტებით 0.7 ტანდემებისთვის და 0.3 განაწილებული დატვირთვისთვის, რაც მოსახერხებელია გაანგარიშებების შესრულებისას.

სამოძრაო ზოლის სიგანე, მ			16.5					
ზოლის სიგანე, მ			3					
სამოძრაო ზოლების რაოდენობა, ცალი			5.5					
დატვირთვა LM1	ზოლი	მახასიათებელი სიდიდე q/m^2	რედუქციის კოეფიცი.	მახასიათებელი რედუცირებული სიდიდე ზოლების მიხედვით		საიმედოობის კოეფიცი.	საანგარიშო რედუცირებული სიდიდე ზოლების მიხედვით	
			ψ			γ_f		
განაწილებული UDL Sistem LM1	1	0.90 q/m^2	0.3	0.27 q/m^2	0.81 q/m	1	0.27 q/m^2	0.81 q/m
	2	0.25 q/m^2	0.3	0.08 q/m^2	0.23 q/m	1	0.08 q/m^2	0.23 q/m
	3	0.25 q/m^2	0.3	0.08 q/m^2	0.23 q/m	1	0.08 q/m^2	0.23 q/m
	4	0.25 q/m^2	0.3	0.08 q/m^2	0.23 q/m	1	0.08 q/m^2	0.23 q/m
	5	0.25 q/m^2	0.3	0.08 q/m^2	0.23 q/m	1	0.08 q/m^2	0.23 q/m
	სულ ხიდზე (საკონტროლო)				1.8 q/m		სულ ხიდზე	1.82 q/m
ტანდემი (2ღეძი) Tandem Sistem LM1	1	60.0 q	0.7	42.0 q	42.0 q	1	42.0 q	42.0 q
	2	40.0 q	0.7	28.0 q	28.0 q	1	28.0 q	28.0 q
	3	20.0 q	0.7	14.0 q	14.0 q	1	14.0 q	14.0 q
	4	0.0 q	0.7	0.0 q	0.0 q	1	0.0 q	0.0 q
	5	0.0 q	0.7	0.0 q	0.0 q	1	0.0 q	0.0 q
	სულ ხიდზე (საკონტროლო)				84.0 q		სულ ხიდზე	84.0 q

[11] EN 1990 Eurocode – Basis of structural design / კონსტრუქციის პროექტირების საფუძვლები

[14] EN 1991-1-7:2006 Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1-7: General actions – Accidental actions / ზემოქმედება კონ

სტრუქციებზე. ზოგადი ზემოქმედება – შემთხვევითი მოქმედება.

[15] EN 1991-2:2003 Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges / ზემოქმედება კონსტრუქციებზე – ნაწილი 2; სატრანსპორტო დატვირთვები ხიდებზე.

3.4 სხვა დატვირთვები

3.4.1 შეკლება

განასხვავებენ ბეტონის მოცულობის შემცირების რამოდენიმე პროცესს. ესენია შეკლება, დაკავშირებული ცემენტის გელის გარდაქმნა ცემენტის ქვად E_{ca} , ბეტონის გამოშრობისგან E_{cd} და ტემპერატურების სხვაობა ფოლადის კოჭსა და ეკზოტერმიისას გაცხელებულ ბეტონის ფილას შორის E_{th} .

3.4.1.1 სწრაფი (აუტოგენური) შეკლება ε_{ca}

ეს ხანმოკლე პროცესია, რომელიც წარმოიშევა ჰიდრატაციისას ცემენტის ქვის წარმოქმნისას და დაკავშირებულია ბეტონის მოცულობის შემცირებასთან. ერთი კვირის განმავლობაში მიმდინარეობს პროცესის 40%, ხოლო 3 თვის მანძილზე შეკლების 85%. შეკლების ფარდობითი დეფორმაცია ბეტონის ასაკისას t გამოითვლება ფორმულით:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6}$ - შეკლების საბოლოო ფარდობითი დეფორმაცია;

f_{ck} - ცილინდრული სიმტკიცის მახასიათებელი მნიშვნელობა, მპა; ჩვენს შემთხვევაში ცილინდრული სიმტკიცე შეიძლება მივიღოთ პირობითად 0.85 კუბიკური სიმტკიცისა - ბეტონის კლასის; B35 კლასის ბეტონისთვის

$f_{ck} = 0.85 \cdot 35 = 30$ მპა;

$\beta_{as}(t)$ - დროის კოეფიციენტი $\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$;

t - ბეტონის შეკლების განხილვის მომენტის დრო, დღეები.

3.4.1.2 შეკლება გამოშრობისას ε_{cd}

ეს ხანგრძლივი პროცესია, რომელიც იწყება ბეტონის დაგების მომენტიდან და რომელიც შეიძლება გაგრძელდეს ხიდის არსებობის მანძილზე. გამოშრობით განპირობებული ბეტონის შეკლების ფარდობითი დეფორმაციის ზღვრული მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\varepsilon_{cd} = k_h \varepsilon_{cd,0}$$

გამოშრობისგან ბეტონის შეკლების ფარდობითი დეფორმაციის ძირითადი მნიშვნელობა $\varepsilon_{cd,0}$ განისაზღვრება შემდეგი სახით:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[(220 + 110\alpha_{ds,1}) \exp\left(-\alpha_{ds,2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] 10^{-6} \beta_{RH};$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right];$$

f_{cm} — ბეტონის საშუალო სიმტკიცე შეკუმშვისას, მპა; შეიძლება შეიცვალოს გარანტირებული სიმტკიცით ან ბეტონის კლასით ჩვენი ნორმების მიხედვით;

$f_{cm0} = 10$ მპა;

$\alpha_{ds,1}$ და $\alpha_{ds,2}$ - ცემენტის სახეობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტები;

$\alpha_{ds,1} = 4$; $\alpha_{ds,2} = 0.12$ - N კლასის ნორმალური ცემენტისათვის;

RH - ფარდობითი ტენიანობა ექსპლოატაციის პერიოდში, %
(თბილისისთვის 80%);

$$RH_0 = 100\%$$

k_h — კოეფიციენტი, დამოკიდებული კვეთის დაყვანილ ზომებზე $h_0 = 2A_c/u$,
მიღებული ცხრ. 38.

A_c — ბეტონის განივი კვეთის ფართი;

u — განივი კვეთის ფართის ნაწილის პერიმეტრი, რომელზეც ზემოქმედებს
გარემო პირობები (სრულ პერიმეტრს მინუს ზონა იზოლიაციით).

მნიშვნელობა k_h

h_0 , MM	100	200	300	>500
k_h	1.0	0.85	0.75	0.7

გამოშრობისგან შეკლება t მომენტის დროს გამოითვლება ფორმულით:

$$\varepsilon_{sd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \varepsilon_{sd,0}$$

სადაც
$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0.04 h_0^{3/2}}$$

t - ბეტონის ასაკი განსახილველ პერიოდში, დღეები;

t_s - ბეტონის ასაკი გამოშრობისგან შეკლების დაწყებისას, 1 დღე.

3.4.13 თერმული შეკლება ε_{th}

ეს ხანმოკლე დატვირთვაა, რომელიც წარმოიშვება ტემპერატურების
სხვაობის გამო გამაგრებისას გაცხელებული ბეტონის ფილასა და ფოლადის კოჭს
შორის. ანგარიშებში ბეტონის შეკლება წარმოდგენილია მიყენებული
დეფორმაციებით ε ბეტონის ფილის კვეთის შეკუმშულ ზონაში. თანახმად
EN1994-2 შეკლება გაითვალისწინება როგორც ტემპერატურათა სხვაობა
 ΔT ბეტონსა და ფოლადის კოჭს შორის. ევროკოდებით რეკომენდირებული
მნიშვნელობა $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ (შეიძლება დაზუსტდეს ნაციონალური ნორმებით) და
შესაბამისი მიყენებული დეფორმაციები შეადგენს $\varepsilon_{th} = \alpha_{th}^{\varepsilon} \Delta T = 0.0002$.

ეს სიდიდე ფრანგების აზრით “ SETRA Recommendations on controlling cracking
in slabs” უნდა გაიყოს შუაზე. ამ რეკომენდაციის გამოყენებით ვღებულობთ
 $\varepsilon_{th} = 0.0001$.

3.4.14 სრული შეკლება

თანახმად EN1992-1-1, EN1994-2, შეკლება გამოშრობისგან ϵ_{ca} , აუტოგენური შეკლება ϵ_{cd} და ტერმული შეკლება ϵ_{th} მოქმედებენ ერთდროულად, მაგრამ იკრიბებიან ახალი და ძველი ხიდებისთვის განსხვავებულად.

მოძრაობის გახსნის მომენტში (ახალი ხიდი) ბეტონის ასაკისას t_{ini} დღეები, მთლიანი შეკლება ტოლია გამოშრობისა და აუტოგენური შეკლების ჯამის და ამასთანავე თერმული შეკლების:

$$\epsilon_{cs}(t) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) + \epsilon_{th}(t).$$

ხიდის ექსპლუატაციის ბოლოს (ძველი ხიდი) როცა t განტოლებებში მიისწრაფის უსასრულობისკენ, $\beta_{ds}(\infty)$ და $\beta_{ds}(\infty, t_s)$ ტოლია ერთის. ჯამური შეკლება გამოითვლება თერმული შეკლების გარეშე:

$$\epsilon_{cs}(\infty) = \epsilon_{cd}(\infty) + \epsilon_{ca}(\infty).$$

ხიდისთვის κ თბილისში გამოთვლილი შეკლებები მოცემულია ცხრილში 3.4.

ცხრილში 3.4.

Параметр	Обозначения или формула	Значение
Ширина плиты, м	b	24.2
Толщина плиты (средняя), м	h	0.19
Площадь монолитного бетона, м ²	A_c	4.63
Открытый периметр, м	u	1
Класс бетона, МПа	f_{cm}	35
Цилиндрическая прочность, МПа	$f_{ck} = 0.85 \times f_{cm}$	29.8
Аутогенная конечная усадка	$\varepsilon_{ca(\infty)} = 2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$	0.0000494
Возраст бетона на момент открытия моста, дни	t	1000
Коэффициент учета времени	$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2 \cdot t^{0.5})$	1000
Аутогенная усадка в возрасте t , дней	$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$	0.0000494
Усадка при висихании	$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$	0.000279
Гарантированная прочность бетона, МПа	f_{cm0}	10
Коэффициент для нормального цемента	α_{ds1}	4
Коэффициент для нормального цемента	α_{ds2}	0.12
Относительная влажность воздуха, %	RH	80
Предельная влажность воздуха, %	$RH0$	100
Коэффициент влажности воздуха	$\beta_{RH} = 1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$	0.76
Относительный размер плиты	$h_0 = 2A_c/u$	9255
Функция относительного размера	k_h (табл. 38 Кннза)	0.7
Усадка при вьсыхании	$\varepsilon_{cd} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$	0.000195
Возраст бетона на момент открытия моста, дни	t	100
Возраст бетона на начало усадки, дни	t_0	1
Коэффициент	$\beta_{ds(t,t_0)} = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s) + 0.04\sqrt{h_0^3}}$	0.003
Усадка при вьсыхании на момент времени	$\varepsilon_{cd(t)} = \beta_{ds(t,t_0)} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$	0.000001
Термальная усадка	ε_{th}	0.0001
Суммарная ранняя усадка	$\varepsilon_{ca(t)} + \varepsilon_{cd(t)} + \varepsilon_{th}$	0.000150
Суммарная конечная усадка	$\varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd}$	0.000245

3.4.2 მოდულური კოეფიციენტები

მოდულური კოეფიციენტები გამოთვლილია EN 1992-სა და EN 1994-ის მოთხოვნების შესაბამისად.

მოდულური კოეფიციენტი ტოლია კოჭის ფოლადის ნაგლინის მოდულის და ბეტონის ფილის ტანაფარდობისა. მოდულური კოეფიციენტი $n_0 = E_a / E_{cm}$. ხანმოკლე დატვირთვისას B35 კლასის ბეტონისთვის კოეფიციენტი n_0 სიდიდე მერყეობს 6-ის ირგვლივ. ხანგრძლივი ზემოქმედებისას მოდულური კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით $n_L = n_0 [1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0)]$. ის დამოკიდებულია ბეტონის ასაკზე დატვირთვის მომენტში, დატვირთვის ხანგრძლივობისა და სახეობისგან¹⁾. მოდულური

კოეფიციენტები n_L გამოითვლება ცალკე შეკლების ზემოქმედებაზე და ბეტონის საკუთარი წონისა და ხიდის ვაკისის ელემენტების საკუთარი წონისგან.

3.4.2.1 მოდულური კოეფიციენტების გამოთვლის თანმიმდევრობა

ამოსავალი მონაცემები

f_{cm} ბეტონის საშუალო სიმტკიცე კუბიკის 150x150x150 მმ შეკუმშვაზე 28-ე დღეს (შეიძლება მივიღოთ გარანტირებული სიმტკიცე ბეტონის კლასის ტოლო);

RH - ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ექსპლოატაციისას;

b - ფილის სიგანე, მმ;

h - ფილის სისქე, მმ;

t_0 -betonis asaki:

-შეკლების დასაწყისში, აიღება 1 დღე;

-ბეტონის საკუთარი წონის დაწოლის მომენტში (აიღება ბეტონის საშუალო ასაკისას ბეტონირების მომენტში);

- ხიდის ვაკისის ელემენტების საკუთარი წონის დაწოლის მომენტში (აიღება ბეტონის საშუალო ასაკს +ხიდის ვაკისის მოწყობის დრო);

t - ბეტონის ასაკი განხილვის დროს, დღეები;

-ექსპლოატაციის დასაწყისი (ახალი ხიდი);

- ექსპლოატაციის 100 წლის შემდეგ (ძველი ხიდი);

ψ_L - შეკლების კოეფიციენტი =0.55;

ψ_L - საკუთარი წონის კოეფიციენტი =1.10;

E_a - დრეკადობის მოდული=210000 მპა;

E_{cm} - - დრეკადობის მოდული შეიძლება გამოვთვალოთ ევროკოდის ფორმულით
 $=22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$, - მპა (ან ცხრილის მნიშვნელობა);

გამოსათვლელი პარამეტრები

n_0 - მოდულური კოეფიციენტი ხანმოკლე დატვირთვისას $n_0 = E_a / E_{cm}$;

n_L - მოდულური კოეფიციენტი განსახილველ მომენტის დროს t ;

$$n_L = n_0 [1 + \psi_L \cdot \varphi(t, t_0)]$$

სადაც

$\varphi(t, t_0)$ - კოეფიციენტი განსახილველ მომენტის დროს t

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \left(\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3}$$

φ_0 - კოეფიციენტი, უსასრულობის მომენტის დროს

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = \left[1 + \frac{1 + RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \cdot \left[\frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} \right] \cdot \left[\frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} \right]$$

h_0 პირობითი სიმაღლე, მმ $= 2A_b / u$

A_b - ფილის ფართი, მმ²;

u - პერიმეტრი იზოლიაციით დაფარული ფილის ნაწილის გამოკლებით, მმ;

$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0.7}; \alpha_2 = (35 / f_{cm})^{0.2}; \alpha_3 = (35 / f_{cm})^{0.5}$ - კოეფიციენტები, რომლებიც

ითვალისწინებენ ბეტონის სიმტკიცეს;

β_H - კოეფიციენტი, დამოკიდებული ფილის პირობით სიმაღლეზე და ფარდობით ტენიანობაზე;

$f_{cm} \leq 35$ დროს

$$\beta_H = 1.5[1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \leq 1500$$

$f_{cm} > 35$ დროს

$$\beta_H = 1.5[1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3$$

3.4.2.2 მოდულური კოეფიციენტები ხიდისთვის ქ. თბილისში

გამოთვლილი მოდულური კოეფიციენტები მოცემულია ცხრილში 3.5. გაანგარიშებების წარმოებისას მიღებული იქნება ერთიანი ხანგრძლივი მოდულური კოეფიციენტი შეკლების დატვირთვებისთვის, ბეტონის წონისა და ხიდის ვაკისის წონისა, ტოლი 17.

ცხრილში 3.5.

პარამეტრები	აღნიშვნა	დატვირთვა		
		შეკლება	ბეტონი	ხიდის ვაკისი
ბეტონის კლასი (საშუალო სიმტკიცე) მპა	f_{cm}	35	35	35
ტენიანობა	RH	80	80	80
ფილის სიგანე, მ	b	24.2	24.2	24.2
ფილის სისქე, მ	h	0.2	0.2	0.2
ფილის ფართი, მ ²	A	4.84	4.84	4.84
ღია პერიმეტრი, მ	U	1	1	1
დატვირთვის მიყენების დრო, დღეები	t_0	1	15	100
განხილვის დრო, დღეები	t	100000	100000	100000
კოეფიციენტები დატვირთვების	ψ_L	0.55	1.1	1.1
ფილის პირობითი ზომა, მმ	h_0	9680	9680	9680
კოეფიციენტი	α_1	100	100	100
კოეფიციენტი	α_2	100	100	100
კოეფიციენტი	α_3	100	100	100
ტენიანობის კოეფიციენტი, B>35	β_H	0	0	0
ტენიანობის კოეფიციენტი, B>35	ϕ_{RH}	109	109	109
სიმტკიცის კოეფიციენტი	$\beta(f_{cm})$	2.84	2.84	2.84
დატვირთვის მიყენების დროის კოეფიციენტი	$\beta(t_0)$	0.91	0.55	0.38
კოეფიციენტი, B>35	ϕ_0	2.82	1.71	1.19
კოეფიციენტი, B>35	$\beta(t, t_0)$	1.00	1.00	1.00
ცოცვალობის ერთეული t ნომენტში (B>35)	$\phi(t, t_0)$	2.82	1.71	1.19
ხანმოკლე მოდულური კოეფიციენტი	n_0	6.56	6.56	6.56
ხანგრძლივი მოდულური კოეფიციენტი	n_L	16.7	18.9	15.1
დეფორმაციის მოდული მოდ. კოეფ. გათვ.ა.	E	1254800	1.112897	1.112897
საშუალო ხანგრძლივი მოდულური კოეფ.	n_L	17	17	17

საშუალო დეფორმაციის მოდული	E	1235294	1235294	1235294
----------------------------	---	---------	---------	---------

3.5 ტემპერატურის ზემოქმედება

ხიდის კონსტრუქციაზე ტემპერატურის ზემოქმედება განიხილება შემდეგი ტიპის გაანგარიშებებში:

გადაადგილების განსაზღვრისას კონსტრუქციის თანაბარი გაცხელების (გაცივების) შემთხვევაში და ძალვის განსაზღვრისას, და გადაადგილებისას ტემპერატურის თანაბარი ცვლილებისას რამის ელემენტებში და ხიდის კომბინირებულ ელემენტებში, ფოლადის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი $= 12 \cdot 10^{-6}$;

დაძაბულობის (ძალვის) განსაზღვრისთვის ელემენტების კვეთებში ფოლადის კოჭის და რკინაბეტონის ფილის არათანაბარი გაცხელებისას, ფოლადის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი მიღებულია $= 10 \cdot 10^{-6}$.

3.5.1 ტემპერატურა საყრდენი ნაწილების და დეფორმაციული

ნაკერების გადაადგილების შეფასებისთვის

ამოსავალი მონაცემები ექსტრემალური ტემპერატურებისთვის ქ. თბილისში აღებულია СНиП 23-01:99 –დან, «სამშენებლო კლიმატოლოგია».

აბსოლუტური მნიშვნელობები შერჩეულია ექსტრემალური ტემპერატურებიდან დღე-ღამური დაკვირვებების მიხედვით.

აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა -22°C

აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა $+41^{\circ}\text{C}$

ძალიან ცივი და ცხელი დღეების ტემპერატურები მოცემულია ცნობის სახით:

ყველაზე ცივი დღე-ღამის ტემპერატურა -14°C უზრუნველყოფა 0.98

ყველაზე ცხელი დღე-ღამის ტემპერატურა $+34^{\circ}\text{C}$ უზრუნველყოფა 0.99.

3.5.1.1 საყრდენი ნაწილების დაყენება

ტემპერატურის საანგარიშო განშლა საყრდენი ნაწილის და დეფორმაციული ნაკერის გადაადგილების შეფასებისთვის გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta T_d = \Delta T_k + \Delta T_\gamma + \Delta T_0$$

ΔT_k ტემპერატურის განშლის მახასიათებელი მნიშვნელობა $\Delta T_k = \frac{|t_w + t_s| + |t_c|}{2}$;

t_s 10°C დანამატი მზით გაცხელებაზე;

ΔT_γ 5°C –საიმედოობის კოეფიციენტის ანალოგი;

t_w აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა;

t_c აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა;

ΔT_0 ცდომილება ტემპერატურის შეფასებაში დადგმისას; ტემპერატურული გადახრა დაყრდენი ნაწილის დადგმისას და დეფორმაციულ ნაკერებში ღრეხოს მოწყობისას;

$$T_{0.max} = T_0 + \Delta T_0$$

$$T_{0.min} = T_0 - \Delta T_0$$

სადაც T_0 - დადგმის ტემპერატურა

დამატებითი ინფორმაციის არარსებობისას მნიშვნელობა ΔT_0 საჭიროა განისაზღვროს ცხრილიდან

შემთხვევა	დადგმა	ΔT_0 [°C]
1	დადგმის დროს ტემპერატურის გაზომვა. გარსაკრში მუშა საყრდენი ნაწილისთვის, დადგმა გაზომილი ტემპერატურის მიხედვით გაძნელებულია.	0
2	დადგმის დროს ტემპერატურის გაზომვის გარეშე, მდებარეობის შემდგომი კორექტირების გარეშე დადგენილი ტემპერატურისას +15°C	15

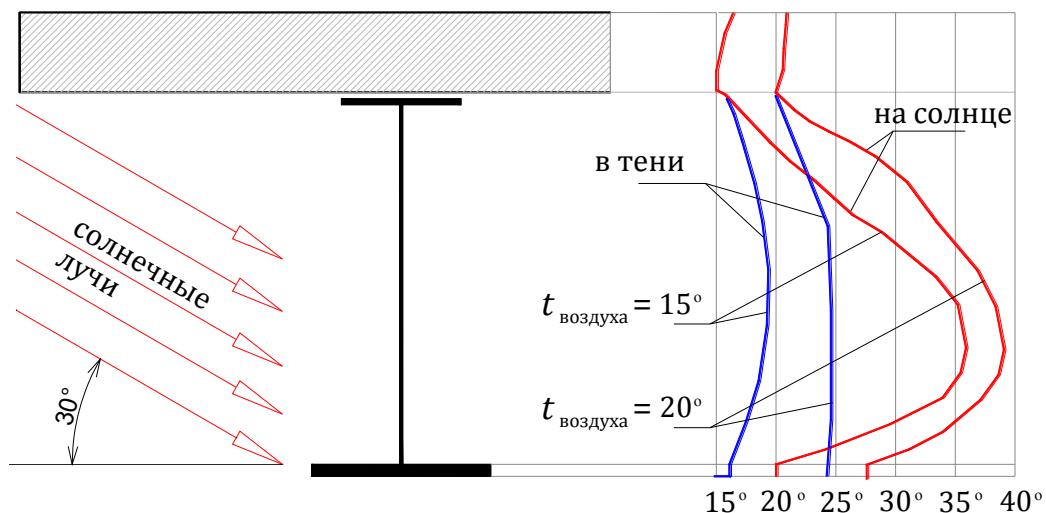
გაანგარიშების შედეგები

№№	Параметр	Обозначение	Значение
1	Наибольшая температура (абсолютная)	t_w	41
2	Добавка на солнечный нагрев	t_s	10
3	Нименьшая температура (абсолютная)	t_c	-22
4	Характеристический размах температур	$\Delta T_k = \frac{ t_w + t_s + t_c }{2}$	36.5
5	Добавка на надежность	ΔT_γ	5
6	Ошибка при установке	ΔT_0	15
7	Расчетный размах температур	ΔT_d	56.5
8	Расстояние от точки расширения, м	L	109
9	Размах перемещений, м	Δ	0.074

3.5.2 ფილისა და ფოლადის კონსტრუქციების ტემპერატურათა სხვაობა

ფოლადის კოჭისა და ბეტონის ფილის სხვაობით გამოწვეული ძალვა მიმართულია და მოქმედებს ფოლად-რკინაბეტონის კვეთზე, რომელიც შედგება ფოლადის კოჭისა და არმირებული რკინაბეტონის ფილისგან ბზარებიანი ზონის გამოკლებით.

ნატურაში ტემპერატურულმა გაზომვებმა და თბოფიზიკურმა ანგარიშებმა აჩვენა, რომ შეიძლება შევაჯამოთ ტემპერატურული ზემოქმედების ერთობლიობა ფოლად-რკინაბეტონის კვეთზე სამ საანგარიშო შემთხვევად (კოჭის სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის განაწილების სამ ეპიურად).



ნახ. 3.5 კოჭის სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის

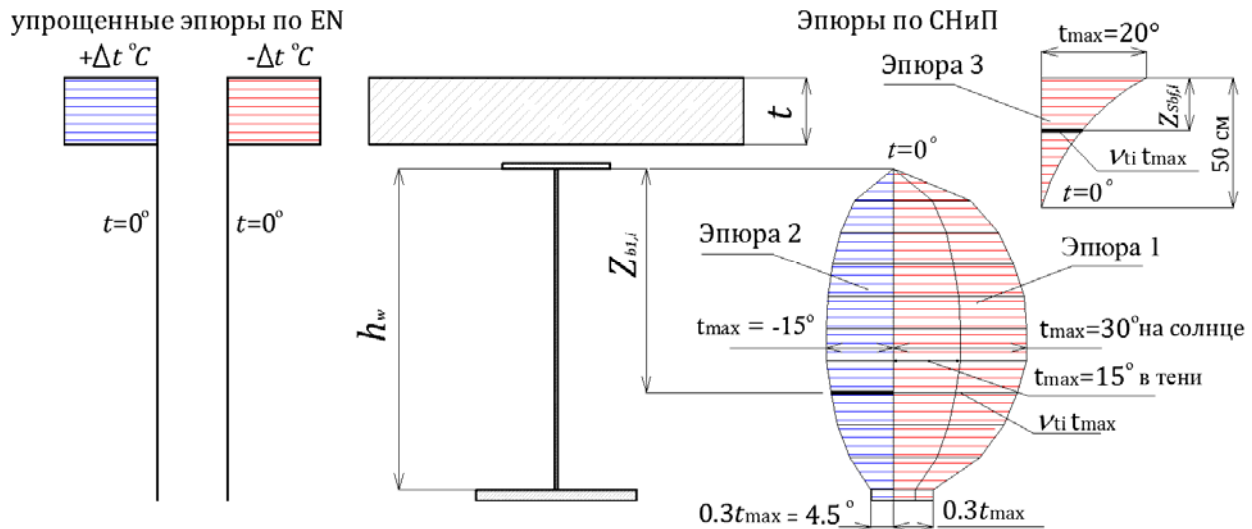
განაწილების ნატურული მონაცემები

ფილის სისქესა და საფარზე დამოკიდებული ტემპერატურის ნაკლები მნიშვნელობები რეკომენდირებულია ევროკოდით. ფილის ტემპერატურის დამოკიდებულება სისქისა და საფარისაგან (EN 1991-1-5 საფუძველზე, დანართი B)

ცხრილი 3.6

ფილის სისქე, მ	საფარის სისქე, მმ	ტემპერატურათა სხვაობა, $\Delta T^{\circ}\text{C}$,	
		ფილა უფრო თბილია	ფილა უფრო ცივია
0.2	საფარის გარეშე	16.5	5.9
	ჰიდროიზოლიაცია*	23.0	5.9
	80	15.0	4.0

ევროკოდი უშვებს დაზუსტდეს გამარტივებული მეთოდიკა. ქვემოთ მოყვანილია მეთოდიკა СНиП, რომელიც ითვალისწინებს ეპიურის ფორმას.



ნახ. 3.6 ტემპერატურის ეპიურები ფოლადრკინაბეტონის კვეთში

თანახმად СНиП, დაბახულობა გამოითვლება სამი ტემპერატურული ეპიურიდან ერთით. ფილის გაცივება ΔT -ით -ეს იგივეა, რაც კოჭის გაცხელება იგივე სიდიდით. ამასთანავე ტემპერატურული ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტს ფოლადის ნაწილისა და ფილის რკინაბეტონისა ღებულობენ ერთდარიგებს $= 10 \cdot 10^{-6}$.

ეპიურა 1 გვიჩვენებს ტემპერატურის ცვლილებას კოჭის სიმაღლის მიხედვით მიცი გაცხელებისას. უმაღლესი ნორმატიული ტემპერატურა $t_{n,max}$ მიიღება ტოლი 30°C , როცა კოჭი ცხელდება მზით, და 15°C – როცა კოჭი არის ჩრდილში. ეპიურის ცვლილება ნულოვანი ტემპერატურიდან ზედა სარტყელის კედელთან შეპირაპირების ადგილში აღიწერება ელიპსური მრუდით, გამოისახება განტოლებით

$$t_t = t_{n,max} v_{tt},$$

სადაც

$$v_{tt} = \sqrt{3.91 \frac{z_{b,t}}{h_w} - 3.82 \left(\frac{z_{b,t}}{h_w} \right)^2}.$$

ეპიურა 2 გვიჩვენებს ტემპერატურის ცვლილებას კოჭის სიმაღლის მიხედვით მიცი გაცივებისას. უმაღლესი ნორმატიული ტემპერატურა $t_{n,max}$ მიიღება ტოლი -15°C . ეპიურა იცვლება ნულოვანი ტემპერატურიდან ზედა სარტყელის კედელთან შეპირაპირების ადგილში აღიწერება ელიპსური მრუდით, გამოისახება განტოლებით (7.3).

ეპიურა 3 გვიჩვენებს ფილის ტემპერატურის ცვლილებას მზის რადიაციისაგან. ეს შემთხვევა უნდა განვიხილოთ მხოლოდ მზის სხივებით განათებულ რკინაბეტონის ფილებისთვის. ეპიურას აქვს პარაბოლის ფორმა

უმაღლესი ორდინატით $t_{n,max} = 20^{\circ}\text{C}$ ფილის ზედაპირზე და ნულოვანი ორდინატა ზედაპირიდან 50 სმ მანძილზე. მიმდინარე ორდინატა გამოითვლება ფორმულით

$$t_i - t_{n,max} v_{ti},$$

სადაც

$$v_{ti} = \left(\frac{Z_{b1,t} - 1}{50} \right)^2.$$

ზედა დონეზე განლაგებული რკინაბეტონის ფილის და ფოლადის კოჭის ტემპერატურათა სხვაობის მახასიათებელი მნიშვნელობები $t_{n,max}$ მიიღება ცხრილი 3.7.

ცხრილი 3.7

$t_{n,max}, ^{\circ}\text{C}$	გაცხელების ხასიათი
30	ფოლადის კოჭის ტემპერატურა მეტია, ვიდრე რკინაბეტონის ფილის, თუ შესაძლებელია კოჭის გაცხელება მზის მიერ პორიზონტთან 30° -იანი კუთხით
15	ფოლადის კოჭის ტემპერატურა მეტია, ვიდრე რკინაბეტონის ფილის, როცა მზის სხივები არ ხვდება კოჭს
15	ფოლადის კოჭის ტემპერატურა ნაკლებია, ვიდრე რკინაბეტონის ფილის
20	რკინაბეტონის ფილა ღიაა მზის სხივებისთვის, და მისი ტემპერატურა მეტია, ვიდრე ფოლადის კოჭის ტემპერატურა

ტემპერატურული ზემოქმედებით გამოწვეული დაძაბულობები, წარმოქმნილი ერთმანეთს ფოლად-რკინაბეტონის კოჭებში, გამოითვლება ფორმულით

$$\sigma_t = \alpha t_{n,max} E \left(\frac{A_t}{A_{stb,t}} + \frac{S_t}{I_{stb,t}} Z - v \right),$$

სადაც

$\alpha = 0.00001 \text{ გრად}^{-1}$ – ფოლადისა და ბეტონის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი;

$t_{n,max}$ – კვეთში ტემპერატურის უდიდესი მნიშვნელობა აბსოლუტური სიდიდის მიხედვით;

E – დრეკადობის მოდული, მიღებული ქვემოთმოცემული მნიშვნელობების ტოლად:

E_b – ბეტონში დაძაბულობის განსაზღვრისას, ტოლი ხანმოკლე მოდულისა;

E_{st} – ფოლადის კოჭში დაძაბულობის განსაზღვრისას;

E_{rs} – დაუძაბავ არმატურებში დაძაბულობის განსაზღვრისას;

$A_{stb,t}, I_{stb,t}$ – ფოლადის დაყვანილი ფართობი და ფოლად-რკინაბეტონის კოჭის განივი კვეთის ბრუტო ინერციის მომენტი, შესაბამისად;

Z – მანძილი სიმიძის ცენტრიდან $A_{stb,t}$ ფიბრამდე, სადაც განისაზღვრება σ_t (დერძის დადებითი მიმართულება Z – ქვევით).

კონსტრუქციის ფოლადის ნაწილში ტემპერატურის მომატების ან დაკლების შემთხვევაში ფორმულაში უნდა მივიღოთ:

$$A_t = 0.8A_{wt} + 0.3A_{s1,t};$$

$$S_t = (0.4h_w + 0.8Z_{b1,stb})A_{wt} + 0.3A_{s1,t}Z_{s1,stb};$$

$$v = v_{ft},$$

სადაც

A_{wft} – კედლის ფოლადის ვერტიკალური ელემენტების ფართი;

$A_{s1,t}$ – ქვედა სარტყელის ფოლადის ჰორიზონტალური ელემენტების ფართი.

რკინაბეტონის ფილაში ტემპერატურის მომატების შემთხვევაში ფორმულაში საჭიროა მივიღოთ:

$$A_f = \frac{17b_{sl}}{n_b} \left[1 - \left(1 - \frac{t_{sl}}{50} \right)^3 \right];$$

$$A_t = \frac{17b_{sl}}{n_b} (Z_{b,f,sl,b} - 8)$$

$$v = v_{ft,b},$$

სადაც

b_{sl} и t_{sl} – კიდეების ეფექტური სიგანე და საშუალო სისქე, შესაბამისად.

კოეფიციენტების v_{ft} და $v_{ft,b}$ მნიშვნელობა მიიღება, შესაბამისად, ფოლადის და ბეტონის გაცხელებისთვის (გაცივებისთვის). კოეფიციენტები დგინდება i -თვის – კვეთის იმ წერტილისთვის, რომელშიც განისაზღვრება დაძაბულობა.

3.6 დატვირთვა ქარისაგან

კონსტრუქციაში ძაღვების და სტატიკური რეაქციების შეფასებისთვის, ქარის დატვირთვა წარმოდგენილია როგორც ქარის დაწოლა, რომელიც იზომება ფართზე წნევით პა-ში, ან კგ/მ²-ში. საწყის მნიშვნელობად მიღებულია ქარის სიჩქარე მომატების ალბათობით 20 წელიწადში ერთჯერ და ტოლი 28 მ/წამ-ისა.

4. გაანგარიშებები. ძირითადი მიდგომები

4.1 ზოგადი

ხიდის კონსტრუქციის ანგარიშები, კერძოდ საანგარიშო სქემების შედგენის წესები, სიხისტეების განსაზღვრა, ელემენტების კვეთებში ძაღვების განსაზღვრა, საერთო სიმტკიცის და ადგილობრივი მდგრადობის შემოწმება, დაძაბულობის შეზღუდვის შემოწმებები, ბზარების გახსნის შემოწმებები და ჭანჭიკებით შეერთებები შესრულებულია ევროკოდების მითითებების შესაბამისად.

გაანგარიშებების შესასრულებლად გამოყენებულია პროგრამული კომპლექსები:

- ხიდის ელემენტებში ძაღვების განსაზღვრა - Лира 9.6
- კვანძებში ლოკალური დაძაბულობის განსაზღვრა - Лира 9.6
- ზოგადი მდგრადობის განსაზღვრა - Лира 9.6

- სეისმური ბიძგებისას ინერციული ძალების განსაზღვრა - Липа 9.6
- ქარის დაწოლისგან ძალების განსაზღვრა - Липа 9.6
- დაძაბულობის განსაზღვრა - BridgeProf
- სიმტკიცის შემოწმებისთვის და
ადგილობრივი მდგრადობისთვის - BridgeProf
- ბეტონისა და ფილის არმატურის
შემოწმებისთვის - BridgeProf

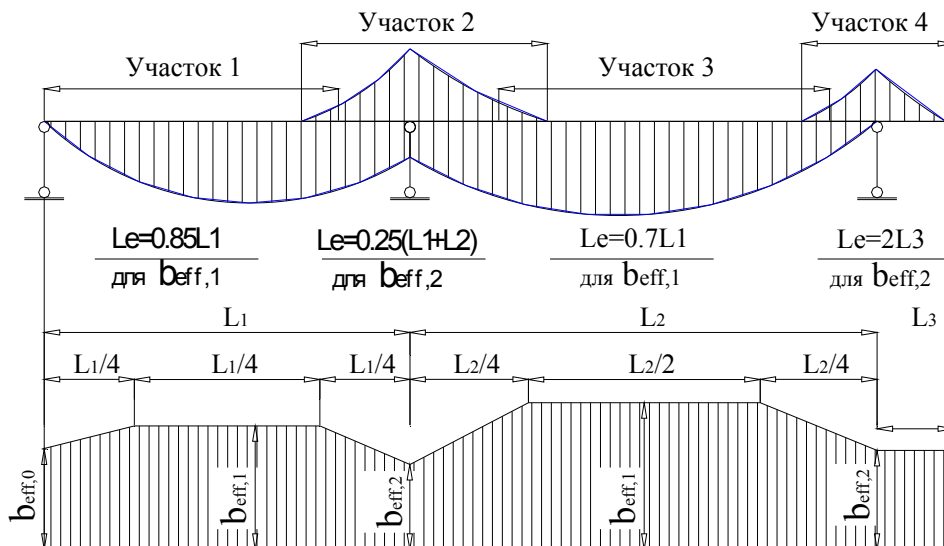
პროგრამა BridgeProf შემოწმებების შესამოწმებლად სრულად ადაპტირებულია ევროკოდების მოთხოვნებთან.

გაანგარიშებების შედეგები წარმოდგენილია კომპლექტის «საანგარიშო ფურცლებში».

ხიდის საანგარიშო სქემები აგებულია ფილის რედუქციის და ბზარებიანი ზონების გათვალისწინებით.

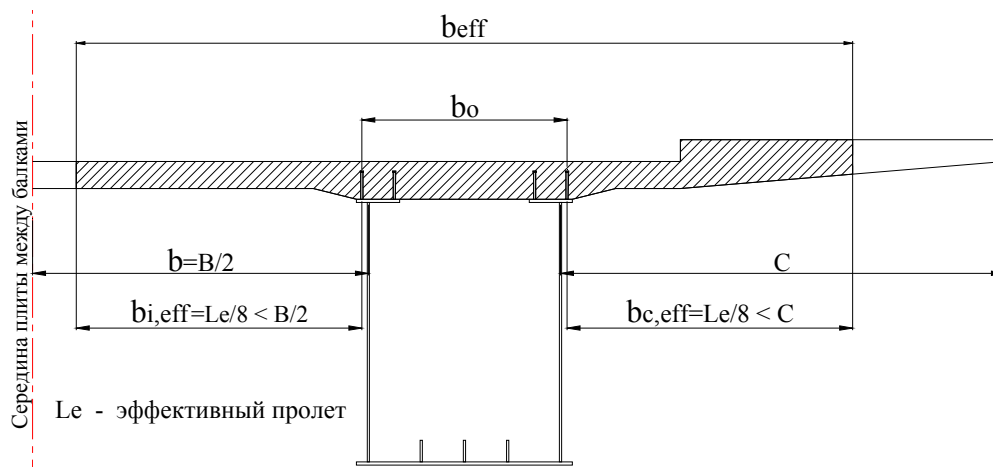
4.2 ფილის ეფექტური სიგანის გაანგარიშება EN 1994-2 მიხედვით

ხიდისთვის მიღებულია ფილის რედუცირების პრინციპი EN 1994-2: 2005 (E) მიხედვით.



ნახ. 4.1 ეფექტური მალის გაანგარიშების სქემა Le

ფილის კონსოლის და კოჭებს შორის ფილის ნაწილის კიდულის სიგანე მიიღება ეფექტური მალის Le -ის $1/8$ -ის ტოლი. ფილის ნაწილის სიგანე აითვლება არა მთავარი კოჭის კედლიდან, არამედ განაპირა დრეკადი საბრჯენის დადგმის ადგილიდან.



ნახ. 4.2 ფილის ეფექტური სიგანე EN 1994-2: 2005 (E) თანახმად

ეფექტური მალი Le მდებარეობს ასევე ორტოტროპული ფილიანი ფოლადის ხიდის შემთხვევაში. ეფექტური მალეების განსაზღვრის სქემა უჭრი კოჭის ოთხ მახასიათებელ მონაკვეთში ნაჩვენებია ნახ. 113.

განაპირა ბურჯზე დაყრდნობილი კოჭისთვის ეფექტური სიგანე განისაზღვრება ასე:

$$b_{eff,0} = b_e + \sum \beta_i b_{eff,i} \quad (a)$$

$$\beta_i = 0.55 + 0.025 L_e / b_{eff,i} \leq 1.0$$

დროს

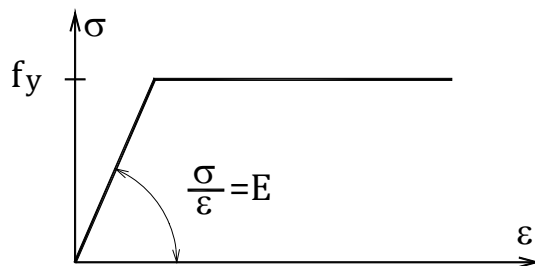
$L_e/b_{eff,t} = 8.0$ გამოსახულება (a) მიიღებს სახეს:

$$b_{eff,0} = b_e + \sum 0.65b_{eff,t}$$

4.3 ფოლადის კონსტრუქციების გაანგარიშება

თანახმად ფოლადის კონსტრუქციის კვეთები მიკუთვნებულია მე-3-ე კლასს და გაანგარიშებები შესრულებულია დრეკად დაყენებაში.

4.3.1 სიმტკიცის შემოწმება EN 1993-1-1 და 1993-2 მიხედვით



ნახ. 4.3 ბიხაზოვანი დამოკიდებულება «დაძაბულობები-დეფორმაციები»

სიმტკიცის გაანგარიშებებისას გამოიყენება ბიხაზოვანი დამოკიდებულება «დაძაბულობები-დეფორმაციები» ნაჩვენები ნახ. 3.9, შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონსტრუქციული ფოლადის მარკებისთვის. დენადობის ზღვარი (მახასიათებელი მნიშვნელობა) აღნიშნულია ასე f_y .

4.3.1.1 კვეთების კლასები

კვეთები განიხილება მათში დენადობის წარმოქმნის შესაძლებლობის თვალსაზრისით. დენადობის წარმოქმნას შეიძლება შეეწინააღმდეგოს ადგილობრივი სიმტკიცის დაკარგვა, რომელიც შეიძლება დადგეს შეკუმშვის ნაკლები დაძაბულობისას. ამიტომ კვეთები კლასიფიცირებულია შეკუმშვისგან ნაკლები ადგილობრივი დაძაბულობის წარმოქმნის კრიტერიუმებით.

განასხვავებენ განივი კვეთების ოთხ კლასს, იხილეთ ცხრილი 4.1.

ცხრილი 4.1

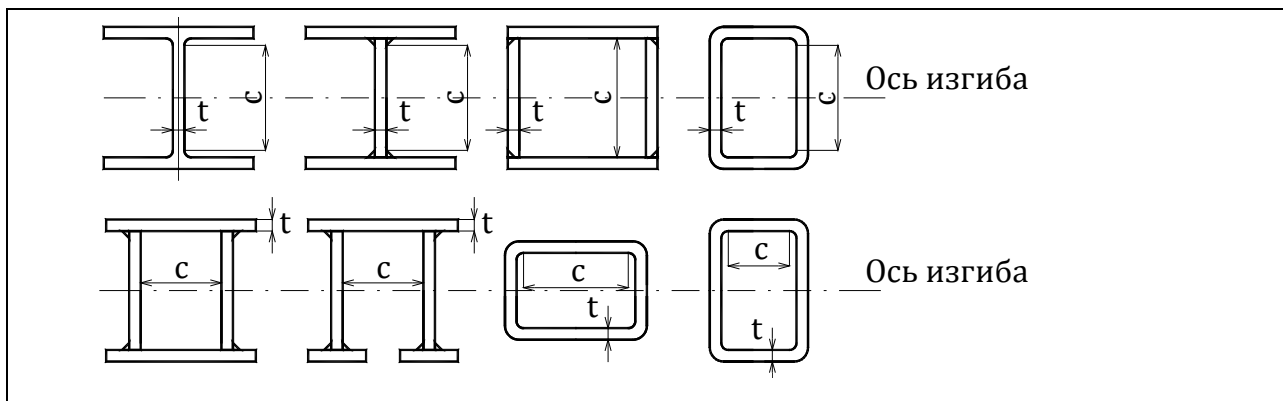
კლასი	დამოკიდებულება გაღუნვისას	განმარტება
-------	---------------------------	------------

1		შეიძლება წარმოიქმნას პლასტიკური სახსარი კვეთის შემობრუნების შეზღუდვის გარეშე; ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგი შეუძლებელია
2		შეიძლება წარმოიქმნას პლასტიკური სახსარი კვეთის შემობრუნების შეზღუდვით ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გამო
3		დრეკადი გაანგარიშება (დენადობა მხოლოდ განაპირა ნაწიბურზე)
4		ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგი დგება დატვირთვებისას, დენადობის დაძაბულობის წარმოქმნამდე

მოთხოვნები ფირფიტების სიგანისა და სისქის თანაფარდობაზე კვეთების სამი კლასისთვის მოცემულია ცხრილებში 4.2 და 4.4.

ცხრილი 4.2

კედლები (ფირფიტები დაყრდნობილია ორი ნაწიბურით)

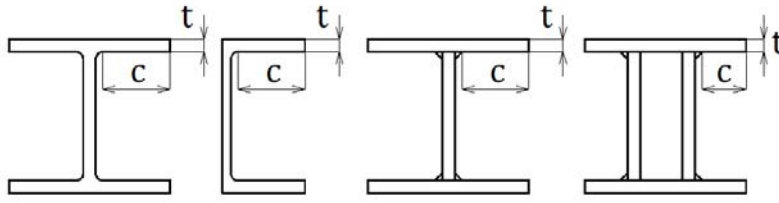
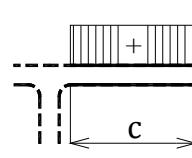
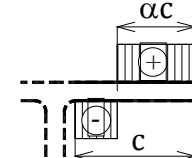
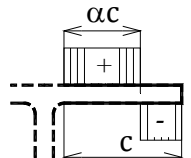
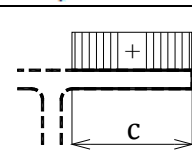
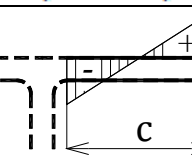
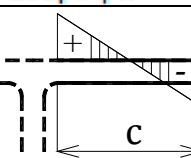


კლასი	ღუნვას დაქვემდებარე- ბული კვეთის ნაწილი	კუმშვას დაქვემდებარე- ბული კვეთის ნაწილი	კუმშვას და ღუნვას დაქვემდებარებული კვეთის ნაწილი
დაძაბული მდგომარეობა (კუმშვა დაღებითია)			
1	$c/t \leq 72$	$c/t \leq 33$	При $\alpha > 0.5$; $c/t \leq 396\alpha / (13\alpha - 1)$ При $\alpha \leq 0.5$; $c/t \leq 36\alpha / \alpha$
2	$c/t \leq 83\alpha$	$c/t \leq 38\alpha$	При $\alpha > 0.5$; $c/t \leq 456\alpha / (13\alpha - 1)$ При $\alpha \leq 0.5$ $c/t \leq 41.5\alpha / \alpha$
დაძაბული მდგომარეობა (კუმშვა დაღებითია)			
3	$c/t \leq 124\alpha$	$c/t \leq 42\alpha$	При $\psi > -1$; $c/t \leq 42\alpha / (0.67 + 0.33\psi)$ При $\psi \leq -1$; $c/t \leq 62\alpha (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$
$\psi \leq -1$ იმ შემთხვევებისთვის, კუმშვადი დაძაბულობა $\sigma \leq f_y$ ან გაჭიმვის დეფორმაცია $\epsilon_y > f_y/E$.			

$s = \sqrt{\frac{235}{R_y}}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1.00	0.92	0.81	0.75	0.71

ცხრილი 4.3

თაროების კოდულები (ფირფიტები დამაგრებულია ერთ ნაწიბურზე

			
კლასი	შეკუმშული კიდული	კიდულის ნაწილი, ღუნვასა და კუმშვაზე ზემოქმედების ქვეშ	
		კუმშვა ბოლოზე	გაჭიმვა ბოლოზე
დაძაბული მდგომარეობა (კუმშვა დადებითია)			
1	$c/t \leq 9s$	$c/t \leq 9s/\alpha$	$c/t \leq 9s/\alpha\sqrt{\alpha}$
2	$c/t \leq 10s$	$c/t \leq 10s/\alpha$	$c/t \leq 10s/\alpha\sqrt{\alpha}$
დაძაბული მდგომარეობა (კუმშვა დადებითია)			
3	$c/t \leq 14s$	$c/t \leq 21s/\sqrt{k_\sigma}$	k_σ см. EN 1993-1-5

ცხრილი 4.4

$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1.00	0.92	0.81	0.75	0.71

დრეკადი მუშაობისას გამოიყენება შემდეგი კრიტერიუმი, განივი კვეთის კრიტიკული წერტილისთვის, თუ არ გამოიყენება სხვა ფორმულები:

$$\left(\frac{\sigma_{x,ED}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,ED}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,ED}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,ED}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{ED}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1, \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-1)$$

სადაც

$\sigma_{x,ED}$ - ნორმალური დაძაბულობის საანგარიშო მნიშვნელობები, ელემენტის ღერძის პარალელურები, განსახილველ წერტილში;

$\sigma_{z,ED}$ - ნორმალური დაძაბულობის საანგარიშო მნიშვნელობები, ელემენტის ღერძის პერპენდიკულარულები, განსახილველ წერტილში;

τ_{ED} - შემხები დაძაბულობების საანგარიშო მნიშვნელობები განსახილველ წერტილში;

ეს შემოწმება სრულდება მარაგად, იმასთან დაკავშირებით, რომ გამორიცხავს პლასტიკური დაძაბულობის შეზღუდულ განვითარებას და ის შეიძლება შესრულდეს მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როცა შეუძლებელია ურთიერთქმედება მზიდი წინააღობების მნიშვნელობის საფუძველზე N_{RD} , N_{RD} და V_{RD} .

4.3.12 მასალების საიმედოობის კოეფიციენტები

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, კოეფიციენტები γ_M წარმოადგენენ არა მარტო მასალების საიმედოობის კოეფიციენტებს, არამედ ითვალისწინებენ სხვა შესაძლო გადახრებს.

$\gamma_{M0} = 1.0$ - კვეთის პლასტიკურ დეფორმაციაზე წინაღობა (ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის ჩათვლით)

$\gamma_{M1} = 1.1$ - მდგრადობის დანაკარგზე წინაღობა (ადგილობრივის გამოკლებით)

$\gamma_{M2} = 1.25$ - დაჭიმული ელემენტების დაშლაზე წინაღობა.

4.3.13 საანგარიშო შემოწმებები

(მოკლე განმარტება EN 1993-1-1 и EN 1993-2)

ცხრილი 4.5 დაჭიმვა

შემოწმება (ფორმულა)	განმარტება
$N_{Ed}/N_{c,Rd} \leq 1$ (6.5)	სიმტკიცის პირობა დაჭიმვისას
$N_{c,Rd}$ ნაკლები მნიშვნელობებიდან $N_{pl,Rd}$ и $N_{u,Rd}$	
$N_{pl,Rd} = Af_y/\gamma_{M0}$ (6.6)	კვეთის წინაღობა დენადობისას
$N_{u,Rd} = 0.9A_{net}f_u/\gamma_{M2}$ (6.7)	წინაღობა გაწყვეტაზე

ცხრილი 4.6 კუმშვა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$N_{Ed}/N_{c,Rd} \leq 1$ (6.9)	სიმტკიცის პირობა კუმშვისას
$N_{c,Rd} = Af_y/\gamma_{M0}$ (6.10)	ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გარეშე (კვეთების კლასები 1, 2 და 3)
$N_{c,Rd} = A_{eff}f_y/\gamma_{M0}$ (6.2) $N_{c,Rd} = A\sigma_{lim, tr}/\gamma_{M0}$ (6.3)	ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გათვალისწინებით (კვეთის კლასი 4). ფორმულების №№ EN 1993-2
$\sigma_{lim, tr} = \rho_x f_y$	ზღვრული კუმშვის დაძაბულობა პუნქტ.10(5) EN 1993-1-5.

ცხრილი 4.7 ღუნვა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1$ (6.12)	სიმტკიცის პირობა ღუნვაზე
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl}f_y/\gamma_{M0}$ (6.13)	ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გარეშე (კვეთების კლასები 1, 2 და 3)
$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el,min}f_y/\gamma_{M0}$ (6.14)	ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გარეშე (კვეთის კლასი 4)
ფორმულების №№ EN 1993-2	ადგილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გათვალისწინებით

$M_{c,Ed} = W_{eff,min} f_y / \gamma_{M0}$ (6.6)	(კვეთის კლასი 4)
$M_{c,Ed} = W_{eff,min} \sigma_{lim,lt} / \gamma_{M0}$ (6.7)	
$W_{el,min}$ и $W_{eff,min}$	წინააღმდეგობის მომენტები ყველაზე მეტად დატვირთულ ბოჭკოზე

ცხრილი 4.8 წაცურება

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$V_{Ed}/V_{c,Ed} \leq 1$ (6.17)	სიმტკიცის პირობა ანაჭრისას
$V_{pl,Ed} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$ (6.18) A_v – ანაჭრელის ფართი პუნქტ. 6.2.6(3) mixed viT	ანაჭრელი ელემენტისთვის გრეხვის გარეშე
$\frac{V_{Ed}}{f_y A_v} \leq 1$ (6.19) где $V_{Ed} = V_{Ed} S / I_t$ (6.20) S – კვეთის წაცურებადი ნაწილის სტატიკური მომენტი I – კვეთის ინერციის მომენტი t – სისქე	კვეთის განმეორებადი წერტილისთვის (აღვილობრივი მდგრადობის დანაკარგის გარეშე)

ცხრილი 4.9 გრეხვა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$T_{Ed}/T_{Rd} \leq 1$ (6.23)	სიმტკიცის პირობა გრეხვისას
$T_{Ed} = T_{c,Ed} + T_{w,Ed}$ (6.24) $T_{c,Ed}$ – მომენტი თავისუფალი გრეხვისას $T_{w,Ed}$ – მომენტი შეზღუდული გრეხვისას	მოქმედი მგრეხავი მომენტი
T_{Rd}	ზღვრული მომენტი, რომელიც განისაზღვრება EN 1993-1-5 მიხედვით

ცხრილი 4.10 ანაჭრელი + გრეხვა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$V_{Ed}/V_{pl,T,Ed} \leq 1$ (6.25)	სიმტკიცის პირობა წაცურებისა გრეხვასთან ერთად (მხები ძაბვებით)
ორტესებრი კვეთებისთვის (6.26) $V_{pl,T,Ed} = \sqrt{1 - \frac{V_{Ed}}{1.25 (f_y \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}} V_{pl,Ed}$ შეკრული კვეთებისთვის (6.28) $V_{pl,T,Ed} = \left[1 - \frac{V_{Ed}}{(f_y \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Ed}$	წაცურებისა და გრეხვის ერთდროული მოქმედებისას, წაცურების საანგარიშო წინააღმდეგობა $V_{pl,Ed}$ საჭიროა შემცირდეს $V_{pl,T,Ed}$ მნიშვნელობამდე.

ცხრილი 4.11 ღუნვა + ანაჭრელი

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
როცა $V_{Ed} < 0.5 V_{pl,Ed}$	ანაჭრელით ზემოქმედება შეიძლება უგულებელვყოთ
როცა $V_{Ed} \geq 0.5 V_{pl,Ed}$ ზღვრული მომენტი უნდა გამოითვალოს შემცირებული დენადობის ძაბვით, რომელიც ტოლია $(1 - \rho) f_y$	ანაჭრელი უნდა გავითვალისწინოთ

$\rho = (2V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2$	
$M_{y,Rd} = \left[W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right] f_y / \gamma_{M0}$ (6.30) Ho $M_{y,Rd} \leq M_{y0,Rd}$ $M_{y,Rd}$ – по п.6.2.5(2) EN 1993-1-1	ღუნვაზე წინაღობის შემცირებული მნიშვნელობა პლასტიკურ სტადიაში წაცურებისას სიმეტრიული ორტესებისთვის
იხილეთ განკ. 7 EN 1993-1-5	ღუნვის, წაცურების და გვერდითი დაწოლის ერთდროული მოქმედებისას

ცხრილი 4.12 ღუნვა + ღებული ძალა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
$M_{Ed} \leq M_{N,Rd}$ (6.31) $M_{N,Rd}$ - წინაღობის საანგარიშო მნიშვნელობა ღუნვაზე პლასტიკურ სტადიაში, შემცირებული ღებული ძალის მოქმედებით N_{Ed} .	1 და 2 კლასისთვის ელემენტებისთვის, რომლებზეც ზემოქმედებს ღუნვა და ღებული ძალა
$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} [1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd})^2]$ (6.32)	მართკუთხა მოლიანი კვეთების წინაღობის საანგარიშო მნიშვნელობა
$N_{Ed} \leq 0.25N_{pl,Rd}$ (6.33) и $N_{Ed} \leq 0.5h_w t_w f_y / \gamma_{M0}$ (6.34) и $N_{Ed} \leq h_w t_w f_y / \gamma_{M0}$ (6.35)	ორტესები და სხვა კვეთებისთვის სიმეტრიის ორი ღერძით ღებული ძალა გავითვალისწინოთ ღუნვისას შესაბამისად $y-y$ არ არის საჭირო თუ სრულდება პირობა (6.33) და (6.34) და შეფარდებით $z-z$ თუ სრულდება პირობა (6.35)

ცხრილი 4.12 ღუნვა + ღებული ძალა (გაგრძელება)

$M_{Ny,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0.5a)$ (6.36) როცა $n \leq a$ $M_{Nz,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$ (6.37) როცა $n > a$ $M_{Nz,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right]$ (6.38) $n = N_{Ed} / M_{pl,Rd}$ $a = (A - 2bt_f) / A$, $a \leq 0.5$	ნაგლინი და შედუღებული ორტესებისთვის სიმეტრიულები ორი ღერძის მიმართ
$M_{Ny,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0.5a_f)$ (6.39) $M_{Nz,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0.5a_w)$ (6.40) სადაც $a_w = (A - 2bt_f) / A$, $a_w \leq 0.5$ ღრუტანიანი $a_w = (A - 2bt_f) / A$, $a_w \leq 0.5$ შედუღებული $a_f = (A - 2bt_f) / A$, $a_f \leq 0.5$ ღრუტანიანი $a_f = (A - 2bt_w) / A$, $a_f \leq 0.5$ ღრუტანიანი	მართკუთხა ღრუტანიანი და შედუღებული კოლოფისებრი კვეთებისთვის სიმეტრიულები ორი ღერძის მიმართ
$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta \leq 1$ (6.41) α и β პარამეტრები, რომელთა მნიშვნელობა მარაგით შეიძლება მივიღოთ ერთი ცოლი, ან:	ორღერძიანი ღუნვის დროს

— ორტესები და H-სები კვეთებისთვის: $\alpha = 2; \beta = 5n$ — როცა $\beta \geq 1$; — მრგვალი ღრუ კვეთებისთვის: $\alpha = \beta = 2$; — მართკუთხა ღრუ კვეთებისთვის: $\alpha = \beta = \frac{1.66}{1-1.18n^2}$ როცა $\alpha = \beta \leq 6$, $n = N_{Ed}/N_{pl,Rd}$	
$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{\sigma_{limit}}{Y_{Me}} \leq \frac{f_y}{Y_{Me}}$ (6.8 EN 1993-2) σ_{limit} — განყ. მიხედვით 10 EN 1993-1-5. $\sigma_{x,Ed}$ - უდიდესი საანგარიშო გრძივი ლოკალური დაძაბულობა მომენტისაგან და ღერძული ძალისგან ნეიტრო კვეთში	მე-3-ე კლასისთვის
$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{Y_{Me}}$ (6.43) $\frac{N_{Ed}}{A_{eff}f_y/Y_{Me}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}e_{N,y}}{W_{eff,y,min}f_y/Y_{Me}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}e_{N,z}}{W_{eff,z,min}f_y/Y_{Me}} \leq 1$ (6.44) A_{eff} - განივი კვეთის ეფექტური ფართი თანაბარი კუმშვის მოქმედებისას; $W_{eff,min}$ - წინაღობის მინიმალური მომენტი (შესაბამისად ბოჭკოებისა მაქსიმალური ღრეკადი დაძაბულობით) ეფექტური განივი კვეთი შესაბამისი ღერძის მიმართ; e_N - ეფექტური ფართის ნეიტრალური ღერძის გადაადგილება; A_{eff} ბრუტო განივი კვეთის სიმაღლის ცენტრის შესაბამისად, როცა განივი კვეთზე ზემოქმედებს მხოლოდ კუმშვა იხ. 6.2.2.5(4).	მე-4-ე კლასისთვის ღუნვა ორი ღერძის მიმართ და ნორმალური ძალა. გამოიყენება ეფექტური კვეთი, მდგრადობა დაკარგული თაროებისა და კედლების ნაწილების გარეშე იხ. EN 1993-1-5.

ცხრილი 4.13 ღუნვა+ანაჭრელი + ღერძული ძალა

შემოწმება (ფორმულების №№ EN 1993-1-1)	განმარტება
როცა $V_{Ed} < 0.5V_{pl,Rd}$	ანაჭრელის გავლენა შეიძლება უგულებელვყოთ
როცა $V_{Ed} \geq 0.5V_{pl,Rd}$ ზღვრული მომენტი უნდა გამოითვალოს შემცირებული დენადობის დაძაბულობისგან, ტოლი: $(1-\rho)f_y$ (6.45) $\rho = (2V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2$	ანაჭრელი უნდა გავითვალისწინოთ

კედლების ადგილობრივი მდგრადობის გაანგარიშება შესრულებულია СНИП-ის მეთოდით, რომელიც ეყრდნობა ფირფიტების მდგრადობის კლასიკურ თეორიას.

4.4 ბეტონის გაანგარიშება

ბეტონის გაანგარიშება შესრულებულია EN 1992-1, EN 1992-2, EN 1994-1 и EN 1994-2 საფუძველზე. ბეტონი მიებულია B35 კლასის სიმტკიცის, არმატურა A-III. ბეტონის მახასიათებლები და აღნიშვნები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 4.14

პროექტირების ნორმები	EN 1992-1-1		СНиП 2.05.03-84*	
ბეტონის კლასი	C25/30	C30/37	B35	B40
გაანგარიშებანი პირველი ჯგუფის ზღვრული მგომარეობის მიხედვით				
f_{cm} по EN ან R_k СНиП მიხედვით (შეკუმშვა ღერძული)	16.7	20	17.5	20
f_{cd} - EN ან $0.85R_k$ მიხედვით (შეკუმშვა ღერძული ხიდების ფილებისთვის)	13.4	16.0	14	16
f_{ctm} - EN მიხედვით ან R_{bt} - СНиП მიხედვით (დაჭიმვა ღერძული)			1.15	1.15
გაანგარიშებანი მეორე ჯგუფის ზღვრული მგომარეობის მიხედვით				
f_{ck} - EN მიხედვით ან $R_{b,ser}$ - СНиП მიხედვით (შეკუმშვა ღერძული)	25	30	22	25.5
f_{ctm} - EN მიხედვით ან R_{bt} - СНиП მიხედვით (დაჭიმვა ღერძული)	2.6	2.9	1.8	1.95
$k_1 f_{ck} = 0.6 f_{ck}$ ან $R_{b,mc2}$ СНиП მიხედვით (გრძივი ბზარები)	15	18	14.6	16.7

ბეტონის კლასი EN 1992-1-1:2004-ში აღინიშნება ორი რიცხვით დახრილი სახით შუაში: სახის ზემოთ – ბეტონის ცილინდრული სიმტკიცე კუმშვაზე / სახის ქვეშ – ბეტონის კუბიკის სიმტკიცე კუმშვაზე წახნაგით 150x150x150 მმ.

გაანგარიშებისას შეკუმშული ბეტონის ძირითად მახასიათებლად პირველი ჯგუფის ზღვრული მგომარეობის მიხედვით (მზიდუნარიანობის მიხედვით) წარმოდგენილია ბეტონის საანგარიშო სიმტკიცის f_{cd} . ასოები cd გამოსახულებაში f_{cd} - პირველი ასოები სიტყვებში **concrete design**.

განზომილებები ცხრილში მოცემულია მპა-ში. ბეტონი აღინიშნება ინდექსით «c» და შემდგომი ორი რიცხვით: სახს ზევით - f_{ck} - ბეტონის მახასიათებელი ცილინდრული სიმტკიცე კუმშვაზე / სახს ქვევით - f_{cube} - ბეტონის კუბიკის სიმტკიცე კუმშვაზე წახნაგით 150 მმ. $f_{cube} \approx f_{ck}/0.8$. მნიშვნელობა f_{cube} - შეესაბამება ადგილობრივი ბეტონის კლასს.

$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$ - ბეტონის საანგარიშო სიმტკიცე (იხ. პ. 2.1.4.2 (2) EN 1994-2:2005); საიმედოობის კოეფიციენტის რეკომენდირებული მნიშვნელობა $\gamma_c = 1.5$ (ცხრილი 2.1 N 2.4.2.4 EN 1992-1-1:2004).

$0.85 f_{cd}$ - ბეტონის საანგარიშო სიმტკიცე კუმშვაზე რედუქციული კოეფიციენტით 0.85 (კოეფიციენტი $\alpha_{cc} = 0.85$ იგივეა, რაც პუნქტ 3.1.6 სახიდე ბეტონი ევროკოდებით EN 1992-2:2005).

$f_{tm} = f_{ck} + 8$ - ბეტონის კუბიკის საშუალო სიმტკიცე კუმშვაზე 28-ე დღეზე, მპა. $k_1 f_{ck} = 0.6 f_{ck}$ - ძაბვის შეზღუდვა ბეტონში მახასიათებელი დატვირთვების ზემოქმედებით გრძივი ბზარების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად (საექსპლოატაციო ვარგისიანობა იხ. 7.2.(2) EN 1992-1-1:2004). ეს მნიშვნელობა ანალოგია $R_{b,mc2}$ ან პრიზმული სიმტკიცის.

$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$ - ბეტონის საშუალო სიმტკიცის დაძაბულობა დაჭიმვაზე.

პუნქტ. 3.1.3(4) EN 1992-1-1:2004 შესაბამისად პუასონის კოეფიციენტი უნდა ავიღოთ 0.2-ის ტოლი დაუბზარავი ბეტონისთვის, და ნულის ტოლი ბზარებიანი ბეტონისთვის.

ბეტონის დრეკადობის მოდული მიიღება ცხრ. 3.2.2 EN 1992-1 თანახმად ან ფორმულით $E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$. წაცურების მოდული გამოითვლება ფორმულით $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$.

4.4.1 შეკუმშული ბეტონი

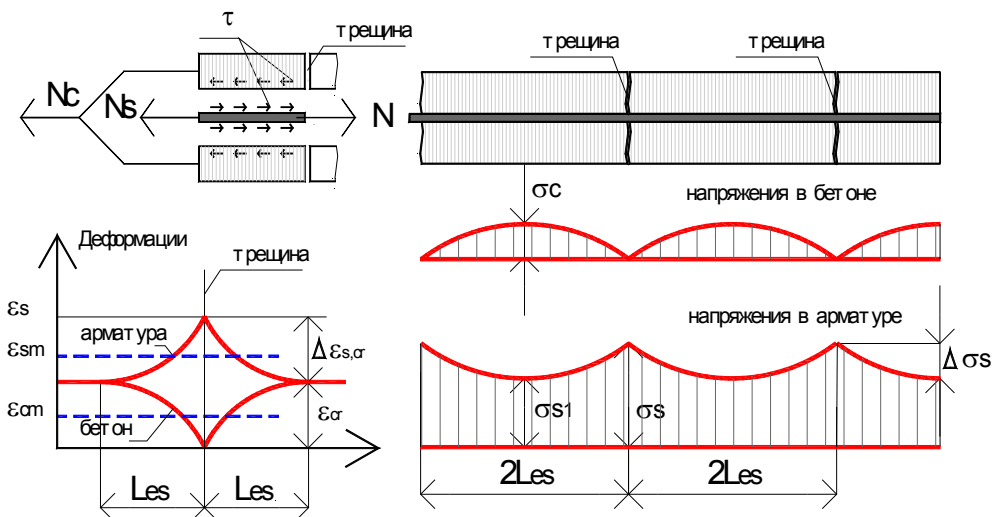
ბეტონის ფილაში კუმშვის შეზღუდვის კრიტერიუმად მიღებულია:

- პირველი ჯგუფის ზღვრული მგომარეობის გაანგარიშებებისთვის მიღებულია სიდიდე $0.8R_b$.

- მეორე ჯგუფის ზღვრული მგომარეობის გაანგარიშებებისთვის გრძივი ბზარების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად მიღებულია სიდიდე $R_{b,mc2}$.

4.4.2 დაჭიმული ბეტონი. ბზარის გახსნის სიგანის გაანგარიშება EN მიხედვით

ბზარების წარმოქმნის კრიტერიუმად ბზარებიანი ზონების განსაზღვრისთვის მიღებულია სიდიდე $2l_{ctm}$.



ნახ. 4.4 ბეტონის მუშაობა ბზარებს შორის

დაჭიმვებს ფილაში დაუბზარავ ზონებში ღებულობს არმატურა და ბეტონი სიხისტის პროპორციულად.

$$N = N_c + N_s;$$

სადაც

N გაჭიმვის ძალვა ფილაში;

N_c გაჭიმვის ძალვა ბეტონში;
 N_s გაჭიმვის ძალვა არმატურაში.

ბზარის გახსნის სიგანის გაანგარიშება შეიძლება შესრულდეს იმ მოცემულობით, რომ ბზარის ზონაში ყველა დამჭიმავი ძალა N გადაეცემა არმატურას ფილაში. შემდეგ შეჭიდულობის გამო ძალვის ნაწილი გადაეცემა ბეტონს. სიგრძე, რომელზეც არმატურა გადასცემს ძალვის ნაწილს ბეტონს ტოლია ბზარებს შორის მანძილის $1/2$ -ის.

E_s и A_s არმატურის დრეკადობის მოდული და ფართი;

E_c и A_c ბეტონის დრეკადობის მოდული და ფართი.

$\sigma_s = N/A_s$ ბზარში არმატურის დაჭიმულობა ბეტონის მუშაობის გარეშე;

σ_{s1} ბზარებს შორის არმატურის დაჭიმულობა ბეტონის

მუშაობის გათვალისწინებით;

$\Delta\sigma_s = \sigma_s - \sigma_{s1} = \frac{\sigma_s}{1+\rho n_0}$ დაძაბულობის სხვაობა არმატურაში ბზარებს შორის;

ძალვა $\Delta\sigma_s A_s$ უნდა აღვიქვათ ბეტონის შეჭიდულობის ხარჯზე,

რომელიც არმატურაზეა შემოკრული.

$n_0 = E_s/E_c$ მოდულური კოეფიციენტი;

$\rho_0 = A_s/A_c$ არმირების კოეფიციენტი;

წონასწორობის პირობა დაჭიმულ არმატურასა და არმატურასთან ბეტონის შეჭიდულობის ძალვას შორის ბზარებს შორის შეიძლება ჩაიწეროს ამ სახით:

$L_{es} U_s \tau = \Delta\sigma_s A_s$, მაშინ,

$L_{es} = \frac{\Delta\sigma_s A_s}{U_s \tau}$ $1/2$ მანძილისა ბზარებს შორის, სადაც,

$\tau \approx 1.8 f_{ctm}$ ბეტონის სიმტკიცე წაცურებაზე;

$A_s = n\pi d^2/4$ არმატურის ფართი;

$U_s = n\pi d$ არმატურის პერიმეტრი;

n არმატურის ღეროების რაოდენობა;

ფარდობითი დაგრძელება შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით:

$\varepsilon_s = \sigma_s/E_s$ არმატურის ფარდობითი დაგრძელება;

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (1 - \beta)\epsilon_s$ არმატურის და ბეტონის დაგრძელების სხვაობა;

$\beta = 0.6$ ხანმოკლე დატვირთვებისთვის;

$\beta = 0.4$ ხანგრძლივი პროცესებისთვის;

ბზარის სიგანე W განისაზღვრება, როგორც სხვაობა საშუალო დაგრძელებისა არმატურების ϵ_{sm} გა ბეტონის ϵ_{cm} . შეკრებილი ბზარებს შორის მონაკვეთში.

$W = 2L_{es}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ ბზარის სიგანე.

$\epsilon_{sm} - \epsilon_s = \beta \Delta \epsilon_{s,cr}$ არმატურის საშუალო ფარდობითი დაგრძელება;

$\epsilon_{cm} - \beta \Delta \epsilon_{s,cr}$ ბეტონის საშუალო ფარდობითი დაგრძელება.

ბზარის გაშლის ზღვრული სიდიდე შეზღუდულია 0.3 მმ-მდე.

4.5 მდგრადობის გაანგარიშებანი

(ფორმულების ნომრები შეესაბამებიან ფორმულების ნომრებს EN -ში)

4.5.1 საბაზისო მიდგომები

გაანგარიშებები შესრულებულია EN 1991-1 და EN 1991-2 –ის შესაბამისად. ხიდების ევროკოდი კუმშვადი და ღუნვადი ღეროების გაანგარიშებისას მიუთითებს საერთო ევროკოდისკენ EN 1993-1-1, მაგრამ, ამასთანავე უშვებს მდგრადობის შეფასების გამარტივებულ მიდგომას, რომლის დროსაც ფასდება *მხოლოდ ღუნვის ბრტყელი ფორმა*. შეფასება სრულდება ფორმულით 6.9 EN 1993-2:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \gamma_{M1} N_{Rk}} + C_{m1,0} \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} M_{y,Rk}} \leq 0.9. \quad (6.9)$$

$C_{m1,0}$ — ეკვივალენტური გრესვის მომენტის კოეფიციენტი, იხ. ცხრილი A.2 EN 1993-1-1; სიმცირის გამო ვლდებულობთ $C_{m1,0} = 1$.

EN 1993-2 –ში წარმოდგენილი ფორმულა დამატებული $M_{y,Ed}$ მომენტზე შეიცავს დანამატს $\Delta M_{y,Ed}$, რომელიც დრეკადი გაანგარიშებისას ტოლია ნულის.

იმის გათვალისწინებით, რომ მნიშვნელობა $\gamma_{M1} = 1.1$, ხოლო უტოლობის მარჯვენა ნაწილში 1,0-ის მაგიერ ჩასმულია 0.9, ბრტყელი ჩაღუნვისას მიღებული

კვეთის წინაღობის მნიშვნელობა მცირდება თითქმის 20%-ით. ამასთანავე გამოყენებულია ზოგადი მეთოდი.

4.5.2 რელუქციის რელუქციული კოეფიციენტების შფასების ზოგადი მეთოდი

ზოგადი მეთოდი მდგრადობის შესამოწმებლად განივი და ღუნვა-ბრუნვადი ფორმებისას მდგრადობის დანაკარგი შეიძლება გამოვიყენოთ ფორმების გაანგარიშებისას თაღოვანი ხიდის მდგრადობის დანაკარგზე.

ელემენტების მდგრადობის დანაკარგზე წინაღობა ღუნვის სიბრტყიდან საჭიროა განვსაზღვროთ ფორმულით 6.63 EN 1993-1-1:

$$\chi_{op} \frac{\alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1.0. \quad (6.63)$$

$\alpha_{ult,k}$ — საანგარიშო დატვირთვის მინიმალური მნიშვნელობა, მზიდუნარიანობის მახასიათებელი მნიშვნელობის მისაღწევად ფორმულის (6.63)-ის მიხედვით სიბრტყეში ყველაზე უფრო დატვირთული კვეთისთვის, ზღვრული მდგომარეობის მიღწევისთვის, განივი ან ღუნვა-მბრუნავი მდგრადობის გაუთვალისწინებლად, მაგრამ ყველა არასრულყოფილების გათვალისწინებით. მეთოდი $\alpha_{ult,k}=1.375$, გულისხმობს, რომ მიღწეულია ზღვრული მდგომარეობა ფორმულით (6.63) $\chi_{op}=0.8$ и $\gamma_{M1}=1.0$ -ით.

$\bar{\lambda}_{op}$ — უზომეზო დრეკადობა, გამოითვლება ფორმულით 6.64:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op}} \quad (6.64)$$

კოეფიციენტი მოხერხებულია გამოყენებისთვის, რადგანაც შეიძლება მივიღოთ საბოლოო-ელემენტური ანალიზის შედეგად კომპიუტერული ანგარიშისას. სქემის გაანგარიშება, დატვირთული სრული საანგარიშო დატვირთვით, წარმოებს დატვირთვების თანდათანობით ზრდით მდგრადობის დაკარგვის მომენტამდე. საბოლოო (კრიტიკული) დატვირთვის შეფარდება საანგარიშოსთან არის კიდევაც კოეფიციენტი $\alpha_{cr,op}$.

მეთოდი, $\alpha_{ult,k} = 1,375$, როცა ფორმულა 6.64 დრეკადობის გამოსათვლელად შეიძლება წარმოვადგინოთ ამ სახით:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{1,375/\alpha_{cr,op}}.$$

შემდეგ, ცნობილი დრეკადობისას $\bar{\lambda}_{op}$ განისაზღვრება შემამცირებელი კოეფიციენტების მნიშვნელობა χ და χ_{LT} , და შემდეგ სრულდება გაანგარიშება A ან B მეთოდით.

რელექციული კოეფიციენტი χ გამოითვლება შესაბამისი დრეკადობისას ფორმულით 6.49.

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad (6.49)$$

სადაც ϕ გამოითვლება ფორმულით: $\phi = 0.5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$;

α — არასრულყოფილების კოეფიციენტი, რომელიც შესაბამისი მდგრადობის დანაკარგის მრუდისთვის განისაზღვრება ცხრილით 6.1 EN 1993-1-1.

ცხრილი 6.1 EN 1993-1-1

მდგრადობის დანაკარგის მრუდები	a_0	a	b	c	d
არასრულყოფილების კოეფიციენტი α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

a_0, a, b, c და d — მდგრადობის დანაკარგის მრუდების ტიპები საჭიროა შევასრულოთ ცხრილი 6.2 EN 1993-1-1 მიხედვით.

მდგრადობის დანაკარგის მრუდის შერჩევა, ხოლო შედეგად არასრულყოფილების კოეფიციენტის შერჩევა α , განივი კვეთის ტიპის მიხედვით და მისი ორიენტაციით სავარაუდო ღუნვის ღერძის მიმართ, ვლტულობთ ცხრილით 6.2 EN 1993-1-1. თაღოვანი ხიდისათვის ქ. თბილისში ვლტულობთ მარაგში მრუდს d , როცა $\alpha = 0.76$, თუმცა შეიძლება, რომ თაღის და ბურჯების კვეთი მივაკუთვნოთ b .

χ_{op} — შემამცირებელი კოეფიციენტი უზომებო დრეკადობისთვის $\bar{\lambda}_{op}$ მდგრადობის აღრიცხვისთვის განივი და ღუნვა-მბრუნავი ფორმებისთვის;

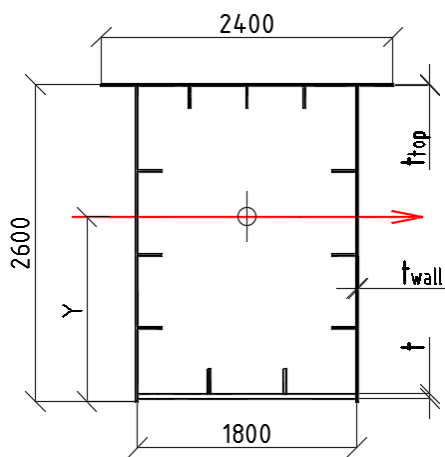
$\alpha_{cr,op}$ — საანგარიშო დატვირთვების ზრდის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა ღუნვის სიბრტყეში, ზღვრული მდგომარეობის მიღწევისას განივი ან ღუნვა-მბრუნავი ფორმების მდგრადობის დაკარგვისას, ღუნვის ბრტყელი ფორმის გაუთვალისწინებლად.

5. ძაღვების გაანგარიშება კოჭში, თაღში და ბურჯებში

5.1 ელემენტების გეომეტრიული მახასიათებლები საანგარიშო სქემებში

ელემენტების გეომეტრიული მახასიათებლები საანგარიშო სქემებში განისაზღვრა გაანგარიშების ორი ეტაპის - წინასწარი და დაზუსტებული, საფუძველზე.

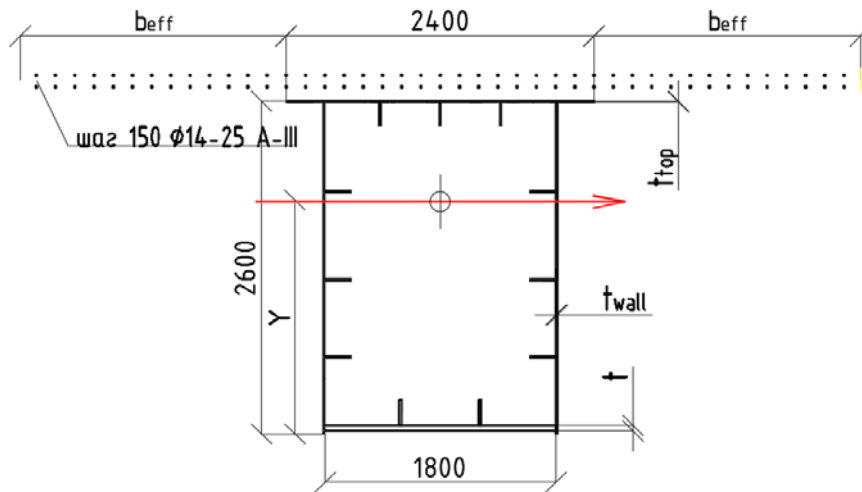
5.1.1 კოჭის გეომეტრიული მახასიათებლები



ნახ. 5.1 ფოლადის კოჭის კვეთი

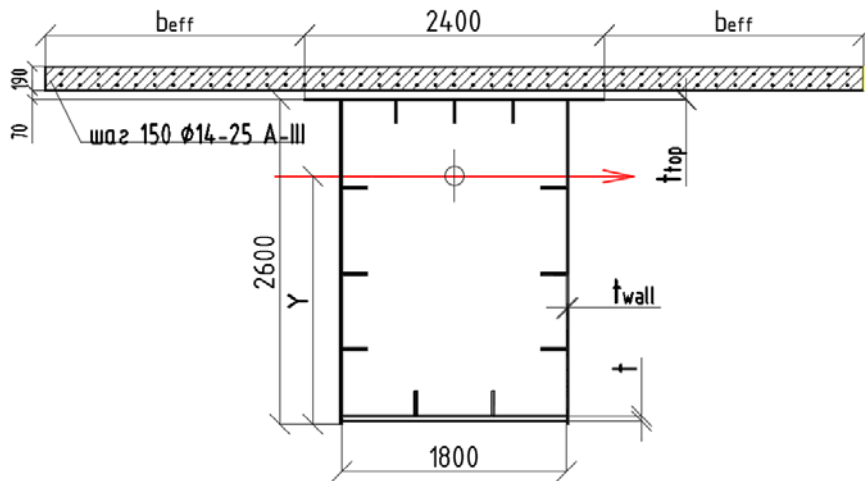
Толщина, мм			Геометрические характеристики				Расчетный момент, тм M_{Rd} при $f_y=390\text{МПа}$
верхний пояс	стенки	нижний пояс	Момент инерции, м^4	Центр тяжести от низа, м	Момент сопротивл., м^3	Изгибная жесткость, тм ²	
10	14	20	0.168	1.186	0.142	3531000	5529
10	14	32	0.196	1.051	0.186	4106000	7255
10	20	32	0.215	1.089	0.197	4515000	7700
10	20	40	0.231	1.024	0.226	4854000	8803
10	20	50	0.249	0.955	0.260	5221000	10153

ფოლად-რკინაბეტონის კვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები განსაზღვრულია ფილის ბეტონის მოდულური კოეფიციენტის გათვალისწინებით.



ნახ. 5.2 ფოლადის კოჭის და არმატურის კვეთი

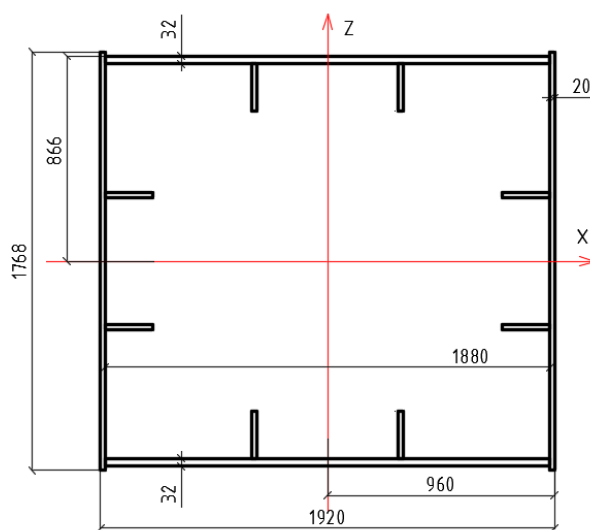
Толщина, мм			Геометрические характеристики				Расчетный момент, тм M_{Rd} при $f_y=390\text{МПа}$
верхний пояс	стенки	нижний пояс	Момент инерции, м^4	Центр тяжести от низа, м	Момент сопротивл., м^3	Изгибная жесткость, тм^2	
10	14	20	0.232	1.431	0.162	4880000	6333
10	14	32	0.273	1.291	0.212	5736000	8251
10	20	32	0.361	1.483	0.243	7577000	9489
10	20	40	0.43	1.509	0.285	9035000	11119
10	20	50	0.448	1.386	0.323	9417000	12618



ნახ. 5.3 ფოლადის კოჭის კვეთი შეკუმშული ფილით

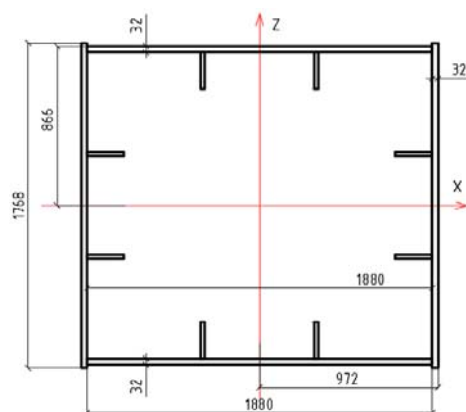
Толщина, мм			Геометрические характеристики				Расчетный момент, тм M_{Rd} при $f_y=390\text{МПа}$
верхний пояс	стенки	нижний пояс	Момент инерции, м^4	Центр тяжести от низа, м	Момент сопротивл., м^3	Изгибная жесткость, тм^2	
10	14	20	0.427	2.164	0.197	8959000	7689
10	14	32	0.526	2.064	0.255	10046000	9039
10	20	32	0.518	1.904	0.272	10876000	10608
10	20	40	0.625	1.976	0.316	13119000	12330
10	20	50	0.662	1.844	0.359	13909000	14008

5.1.2 თადის გეომეტრიული მახასიათებლები



ნახ. 5.4 კვეთი ბურჯებს შორის. სარტყელი 32 მმ, კედლები 20 მმ.

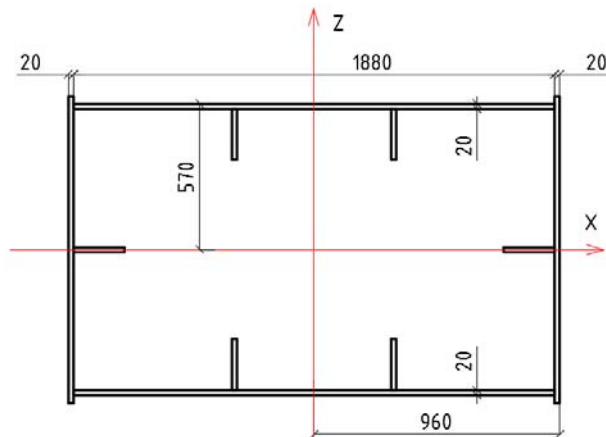
Пояса 32 мм: стенки 20 мм.						
Параметр	относительно оси			Предельные расчетные усилия, тм ($f_y=390$ МПа)		
	Y	Z	X	N_{Rd}	$M_{Rd, Y}$	$M_{Rd, Z}$
A - площадь, m^2	0.221			8611		
I - моменты инерции, m^4	0.111	0.110	0.142			
Центр тяжести, м	0.856	0.960				
W - моменты сопротивления, m^3	0.130	0.115			5071	4473
EI - изгибная жесткость, $тм^2$	2338234	2313043				
EA - осевая жесткость, т	4638159					
GI _T - крутильная жесткость, $тм^2$			1149746			



ნახ. 5.5 კვეთი ბურჯებს შორის. სარტყელი 32 მმ, კედლები 32 მმ.

Пояса 32 мм: стенки 32 мм.						
Параметр	относительно оси			Предельные расчетные усилия, тм ($f_y=390$ МПа)		
	Y	Z	X	N_{Rd}	$M_{Rd, Y}$	$M_{Rd, Z}$
A - площадь, m^2	0.261			10184		
I - моменты инерции, m^4	0.121	0.146	0.182			
Центр тяжести, м	0.856	0.966				
W - моменты сопротивления, m^3	0.141	0.151			5504	5908
EI - изгибная жесткость, $тм^2$	2537441	3074202				
EA - осевая жесткость, т	5485127					
GI _T - крутильная жесткость, $тм^2$			1473574			

5.13 ბურჯების კვეთი

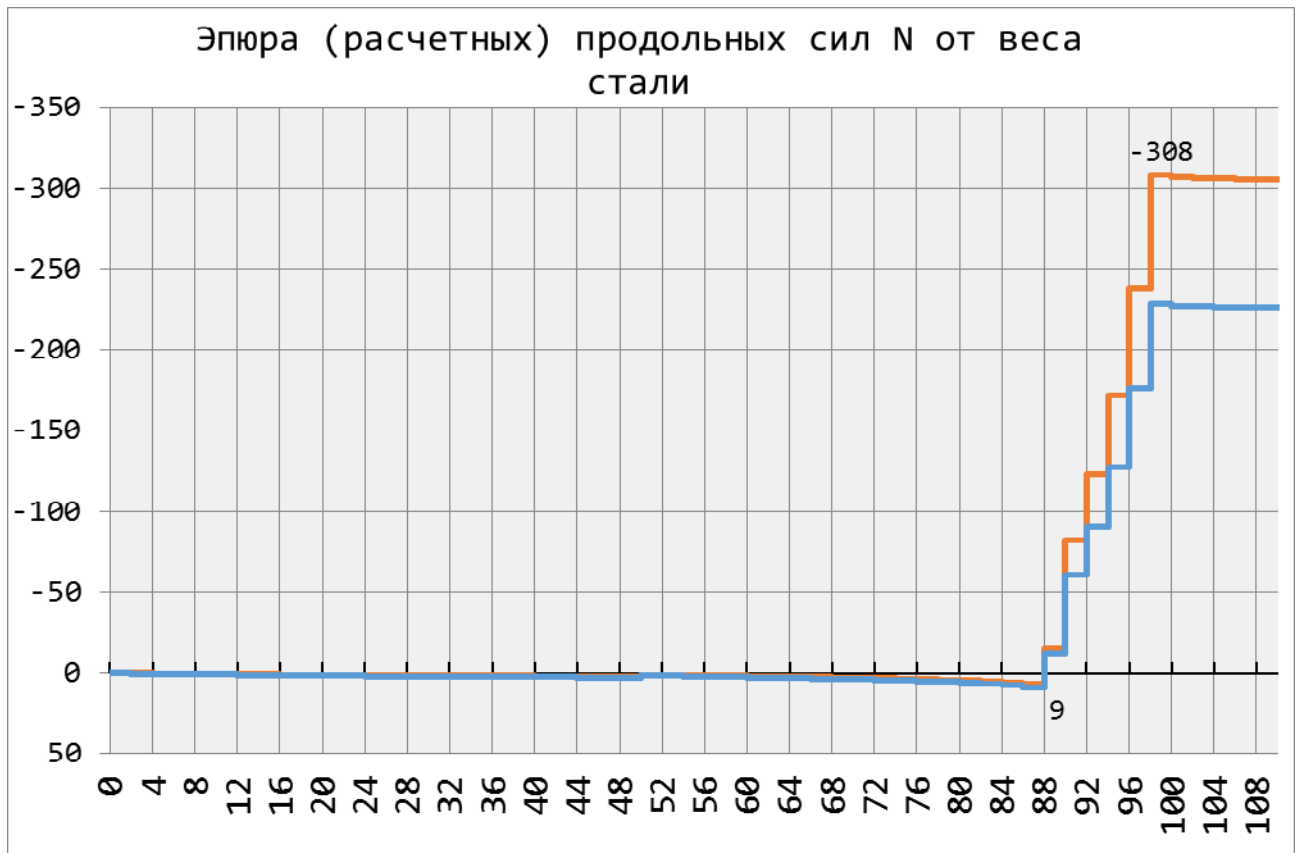


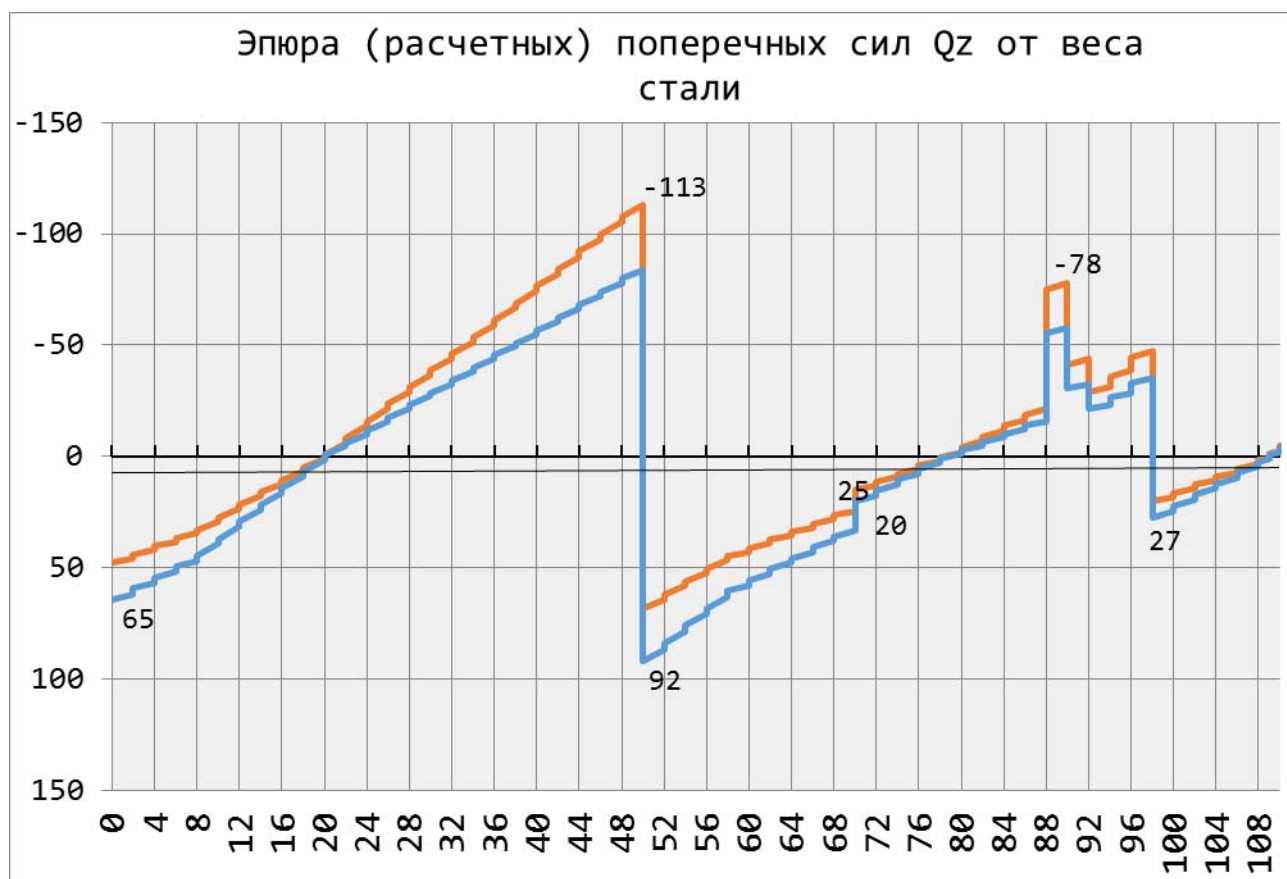
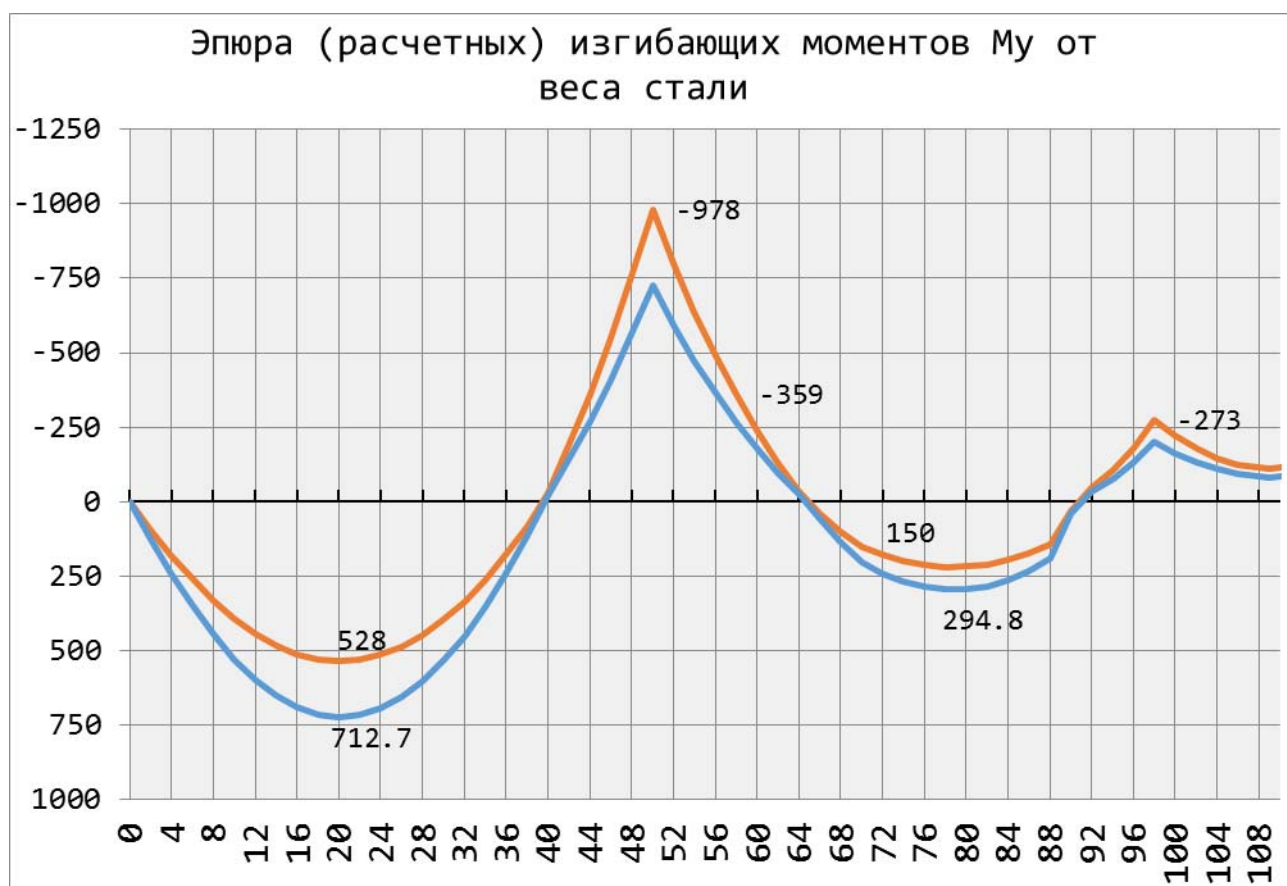
ნახ. 5.6 ბურჯების კვეთი

Стойка. Все толщини 20 мм						
Параметр	относительно оси			Предельные расчетные усилия, тм ($f_y=390$ МПа)		
	Y	Z	X	N_{Rd}	$M_{Rd, Y}$	$M_{Rd, Z}$
A - площадь, m^2	0.145			5647		
I - моменты инерции, m^4	0.032	0.071	0.060			
Центр тяжести, м	0.570	0.960				
W - моменты сопротивления, m^3	0.056	0.073			2177	2864
EI - изгибная жесткость, $тм^2$	668265	1481069				
EA - осевая жесткость, т	3041691					
GI _T - крутильная жесткость, $тм^2$			485164			

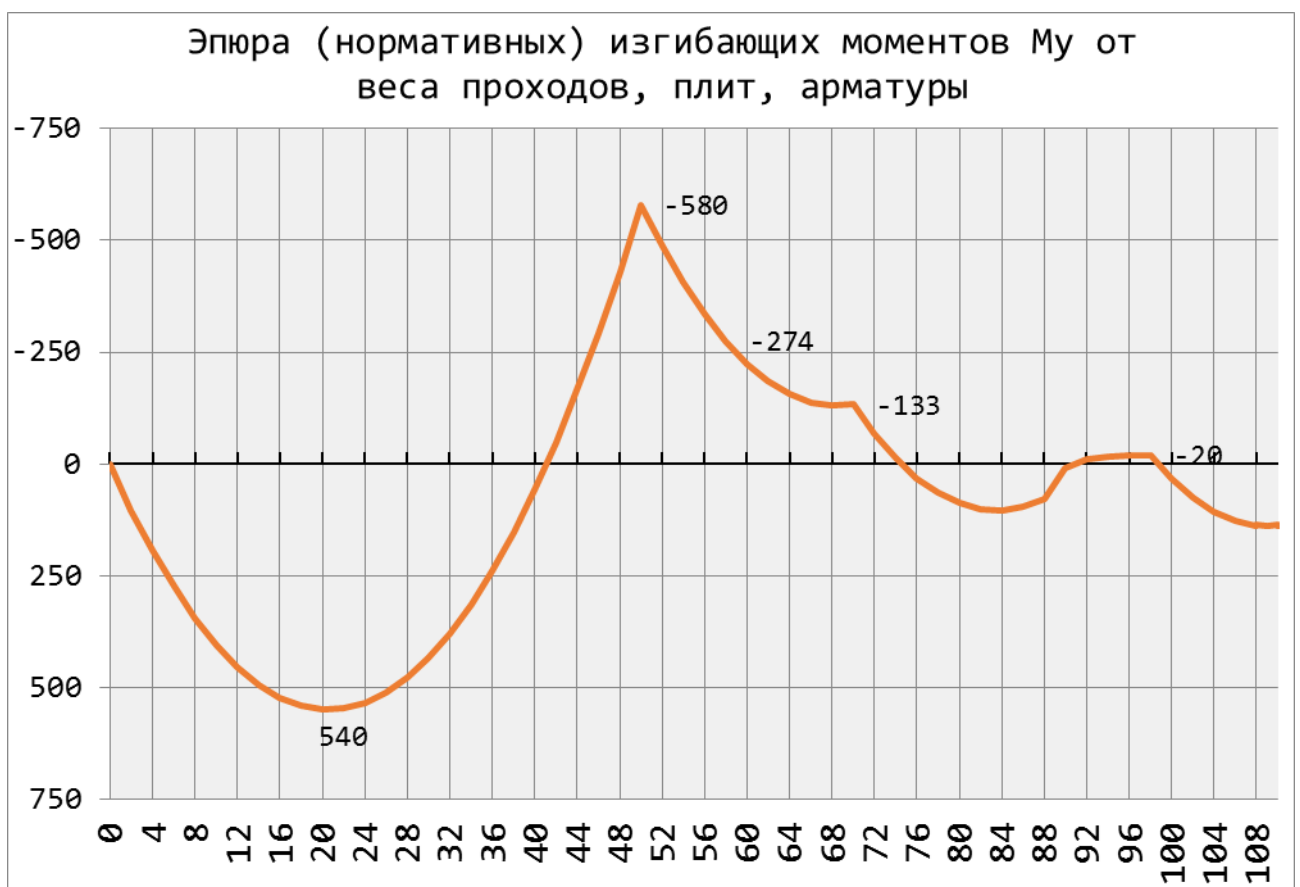
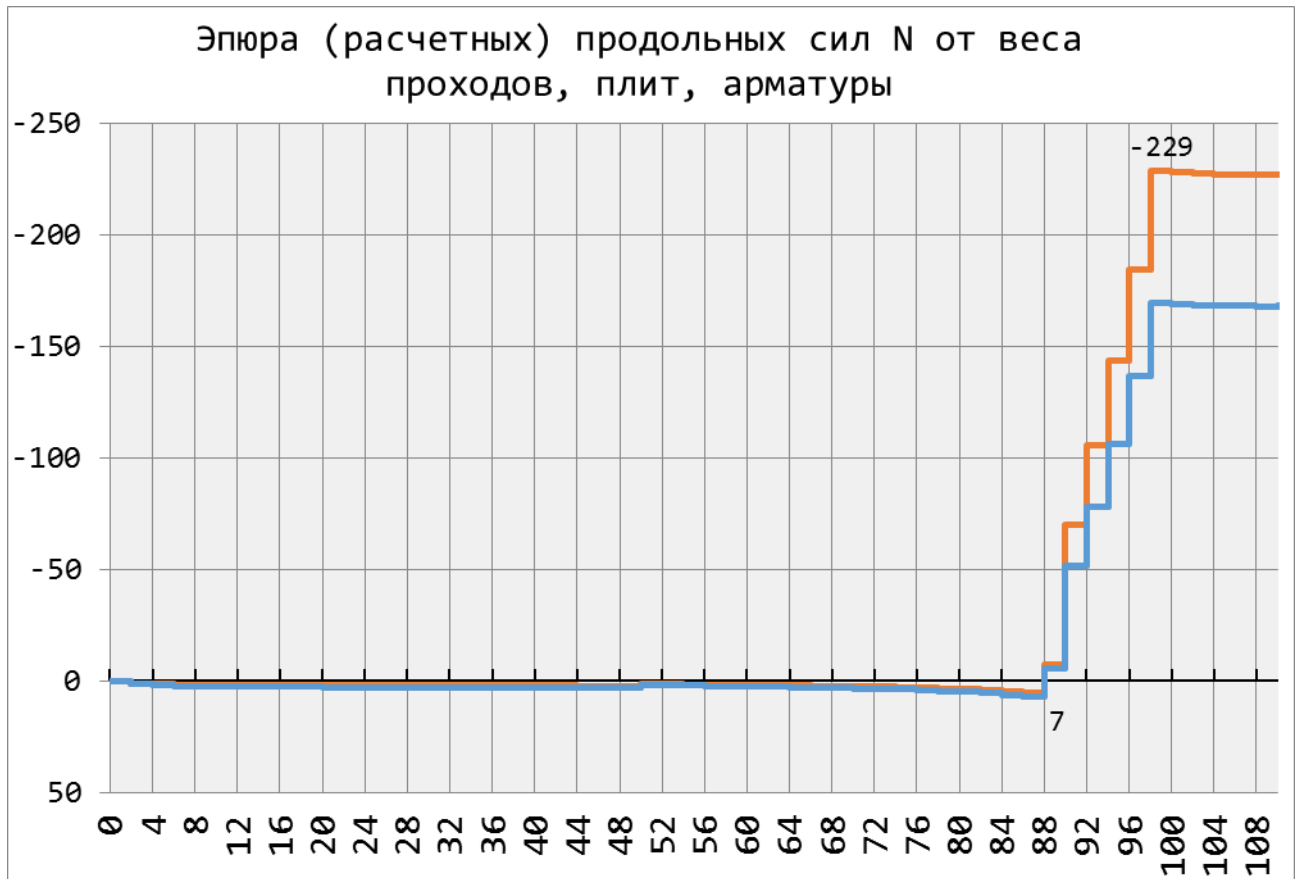
5.2 ძაღვები კოჭში

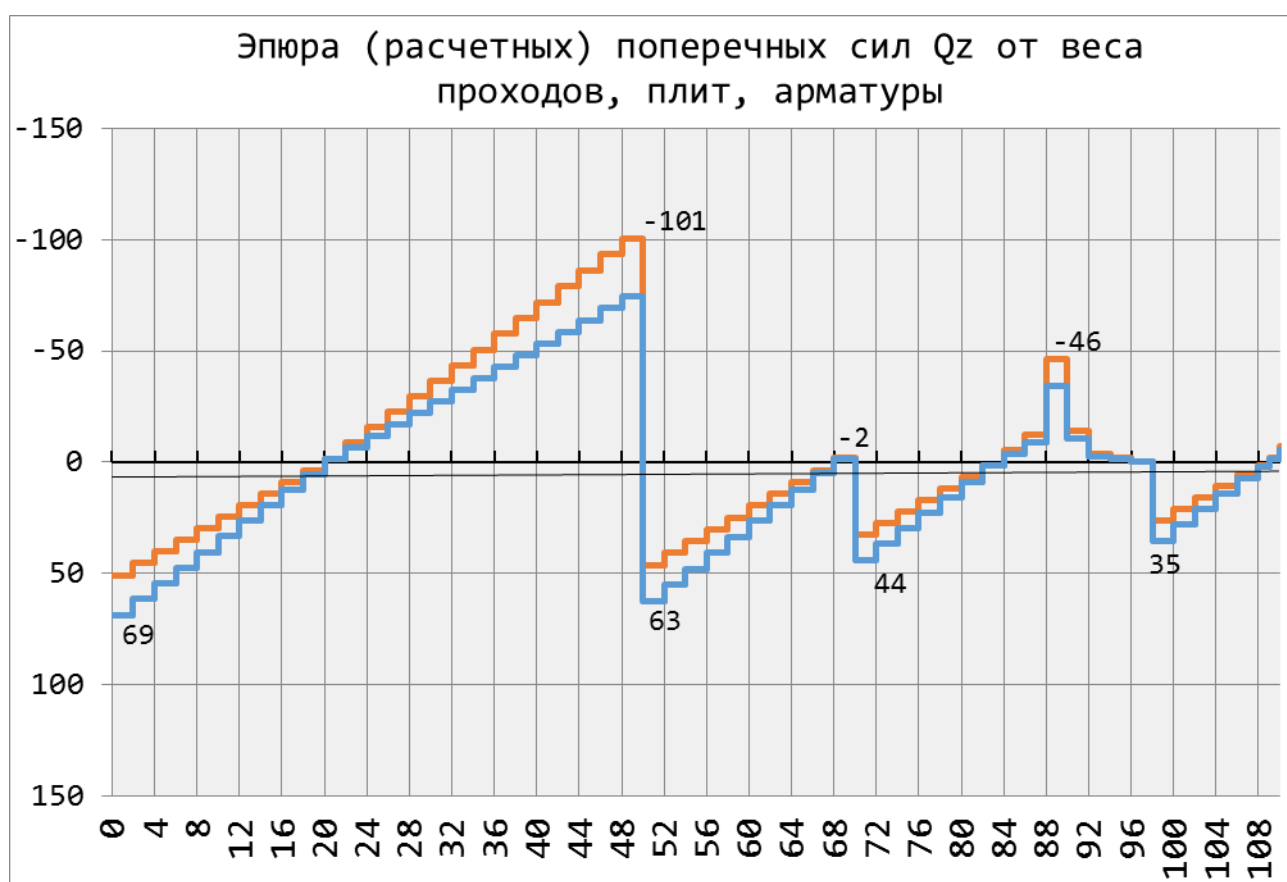
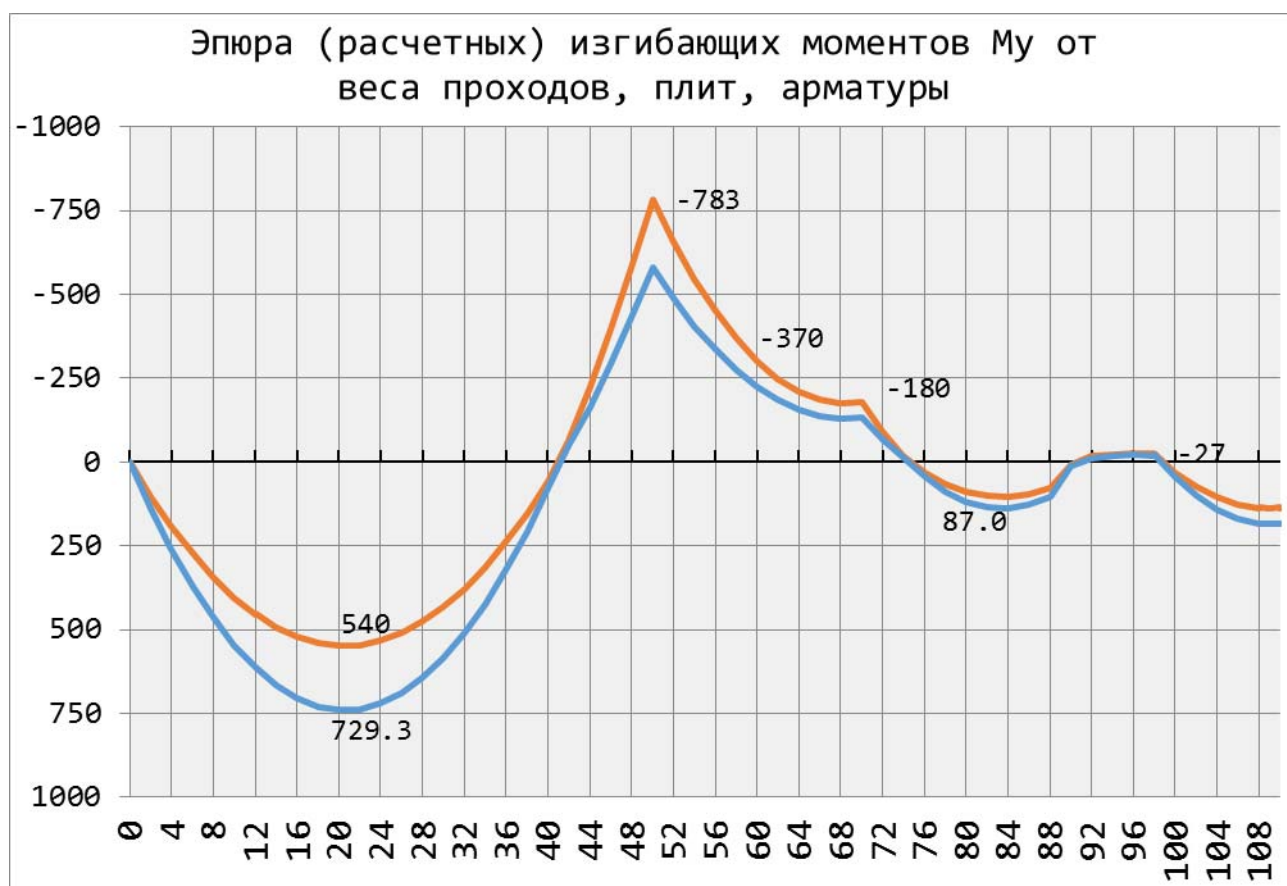
5.2.1 ეპიურები ფოღადის წონისაგან



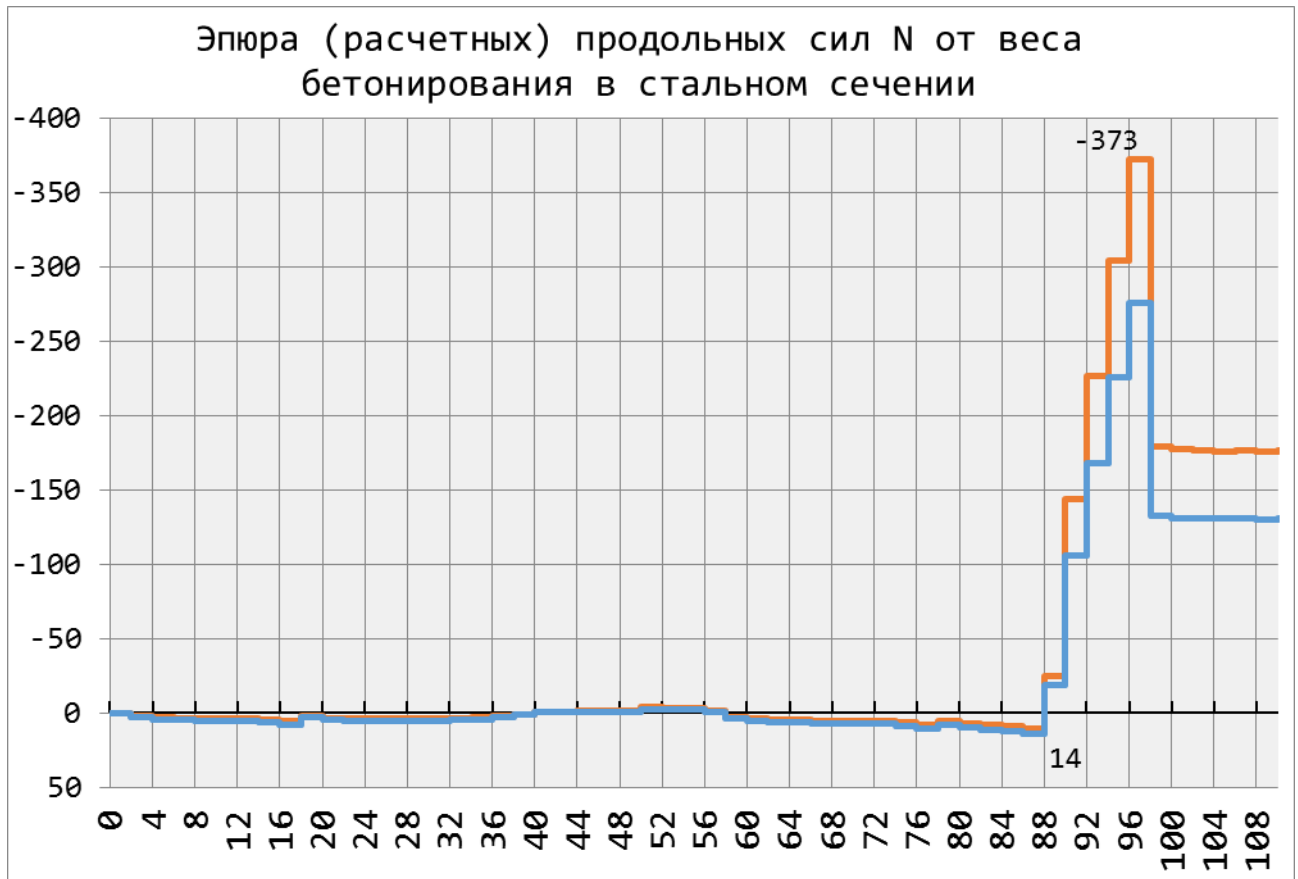


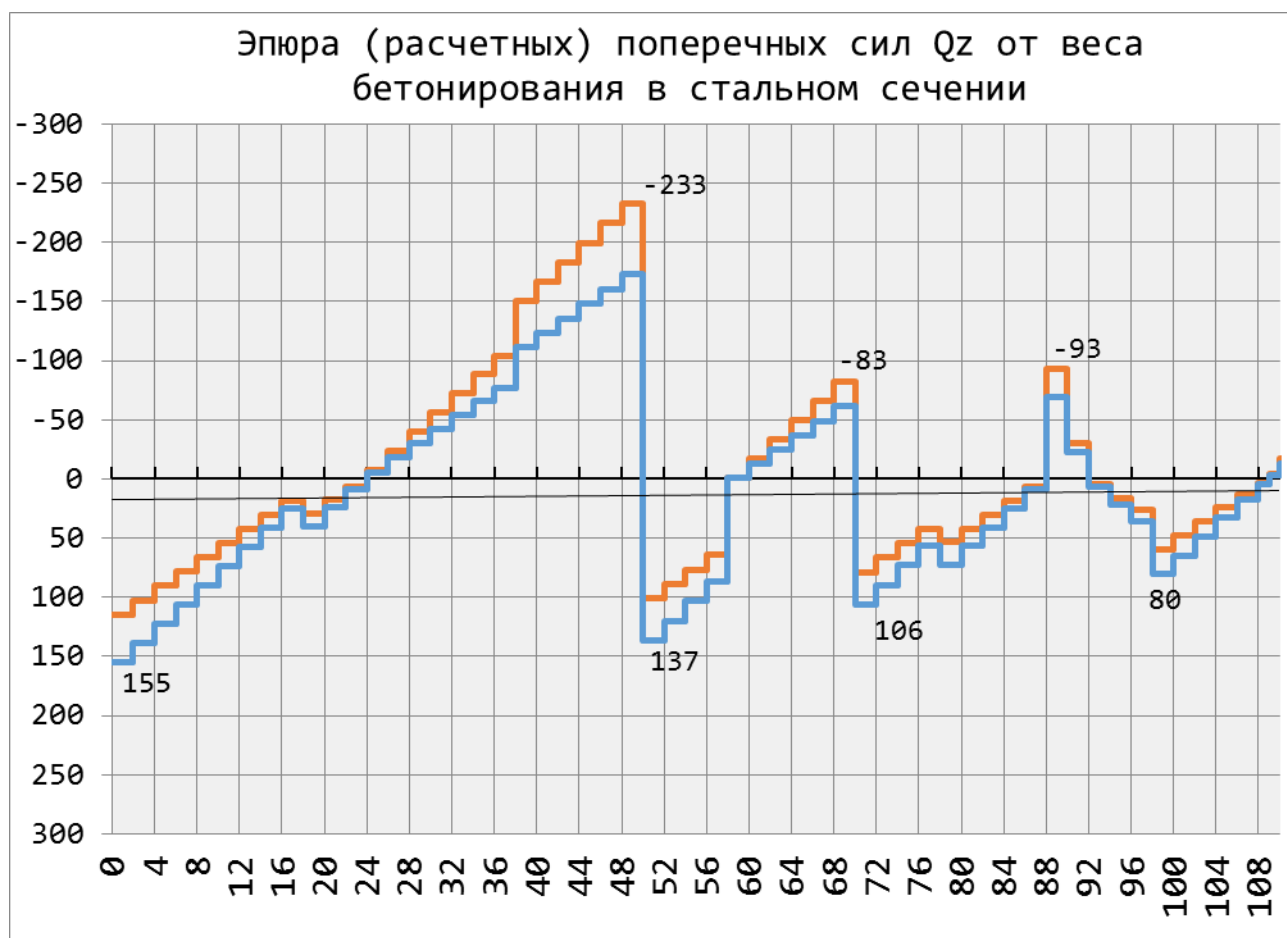
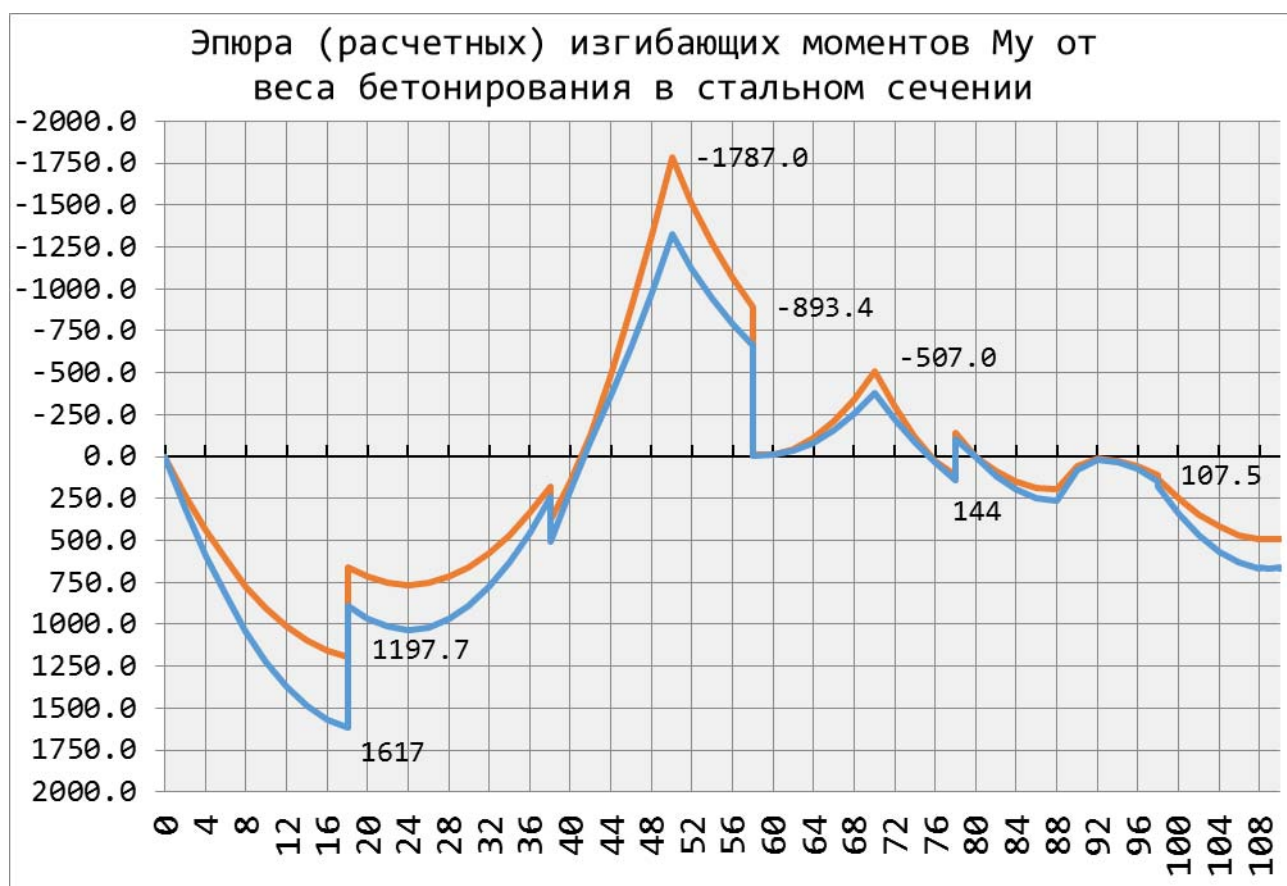
5.2.2 ეპიურები გასასვლელების, ანაკრები ფილების და არმატურის წონისაგან



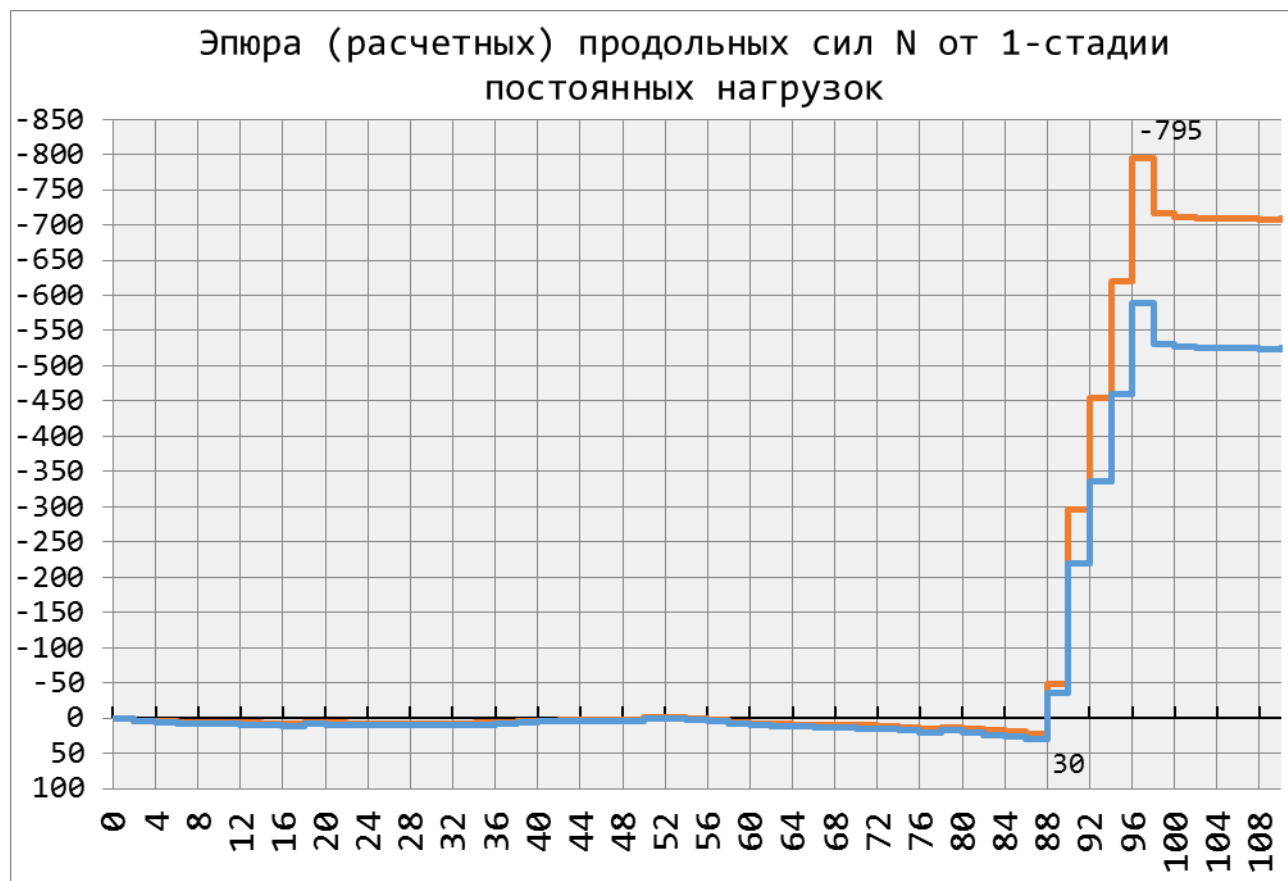


5.2.3 ეპიურები ფოლადის კვეთში ბეტონირების წონისაგან

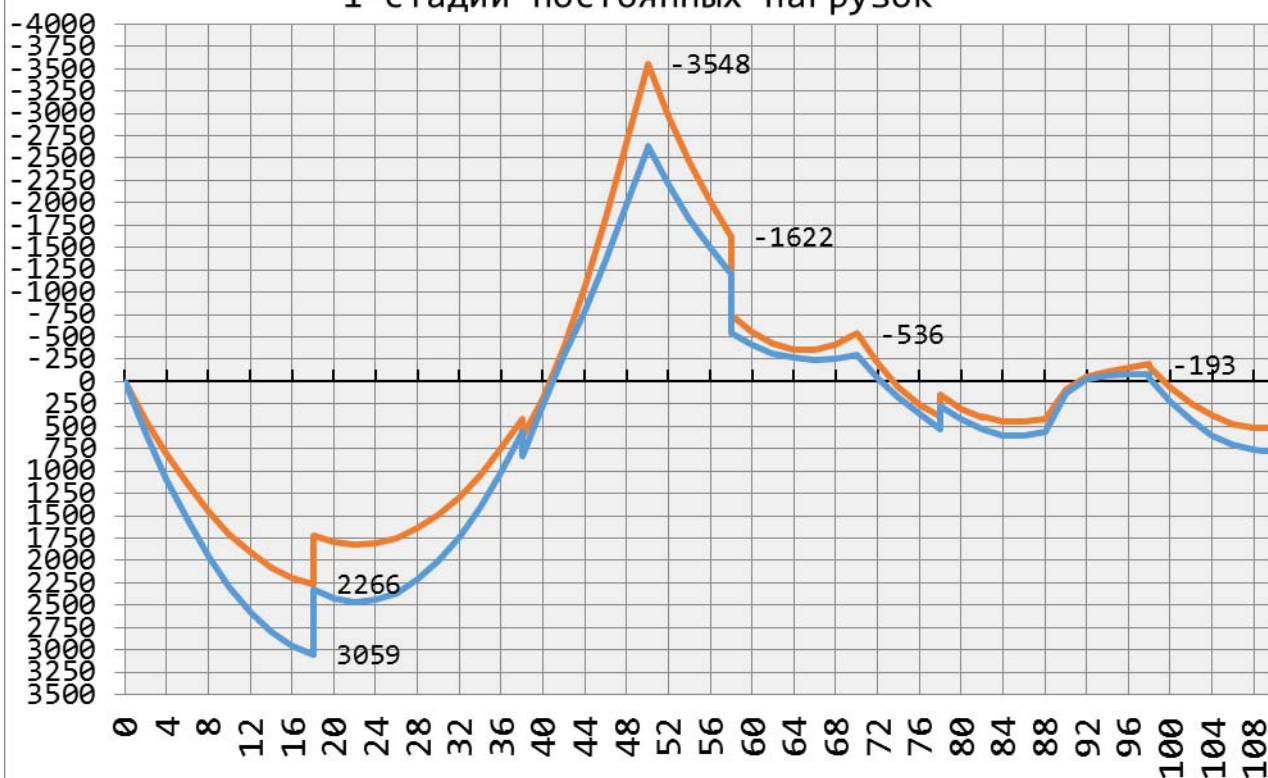




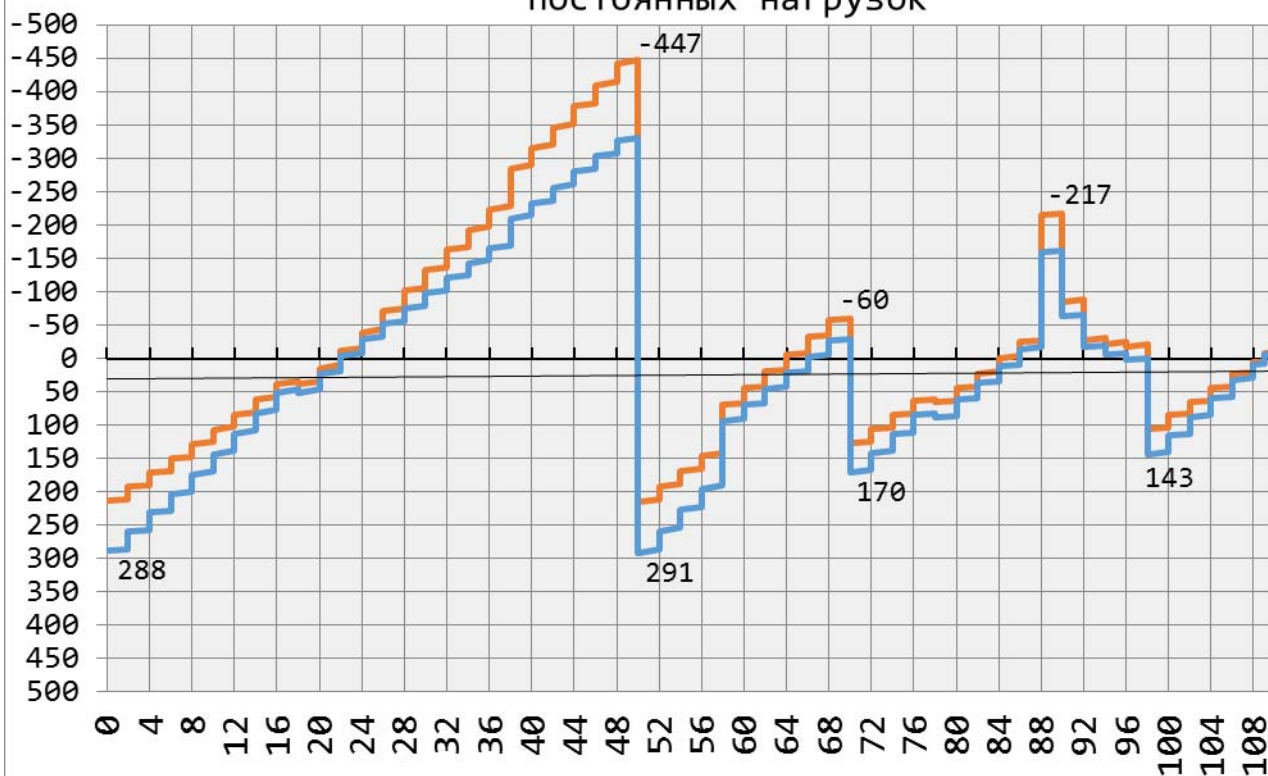
5.2.4 ეპიურები 1-სტადიის მუდმივი დატვირთვებისაგან



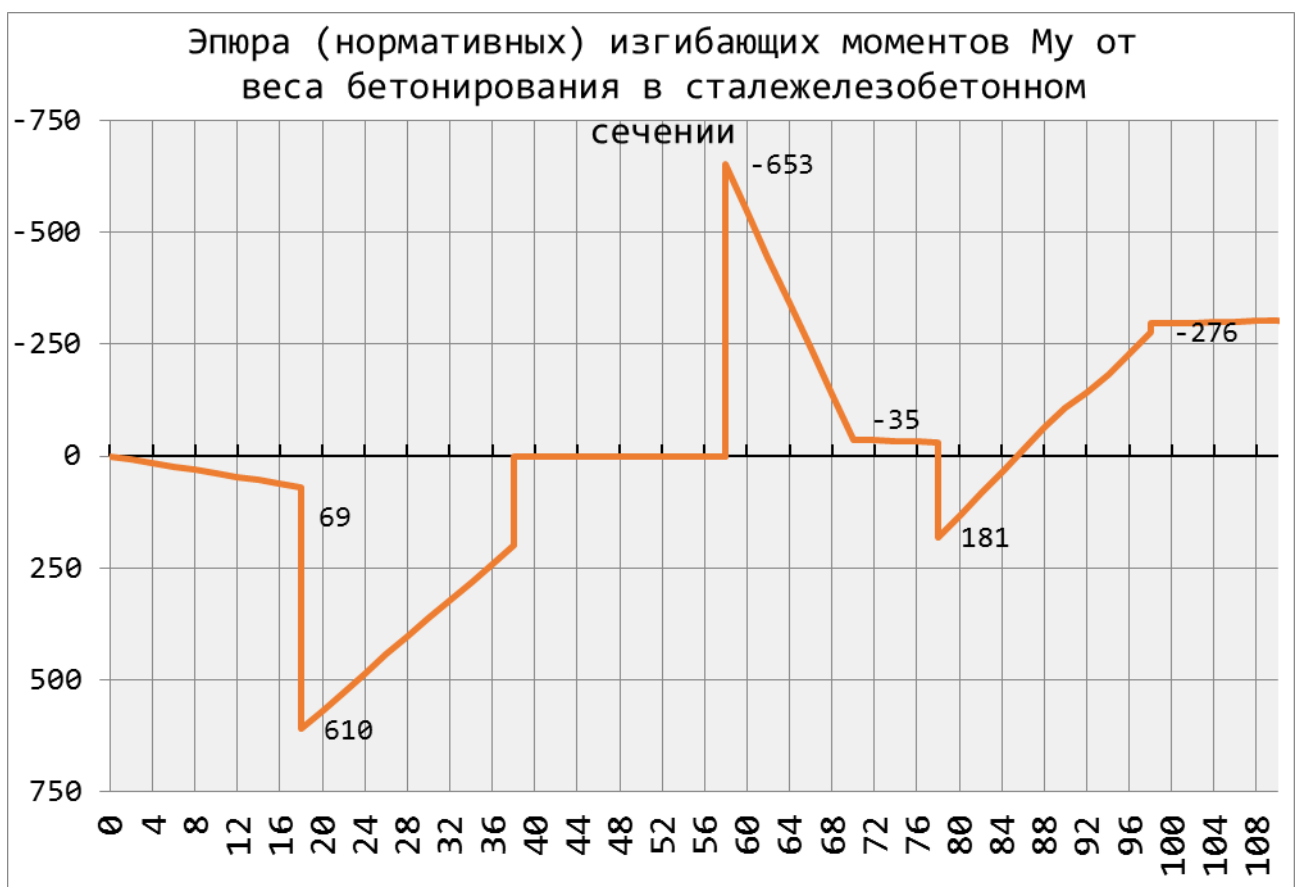
Эпюра (расчетных) изгибающих моментов M_x от 1-стадии постоянных нагрузок

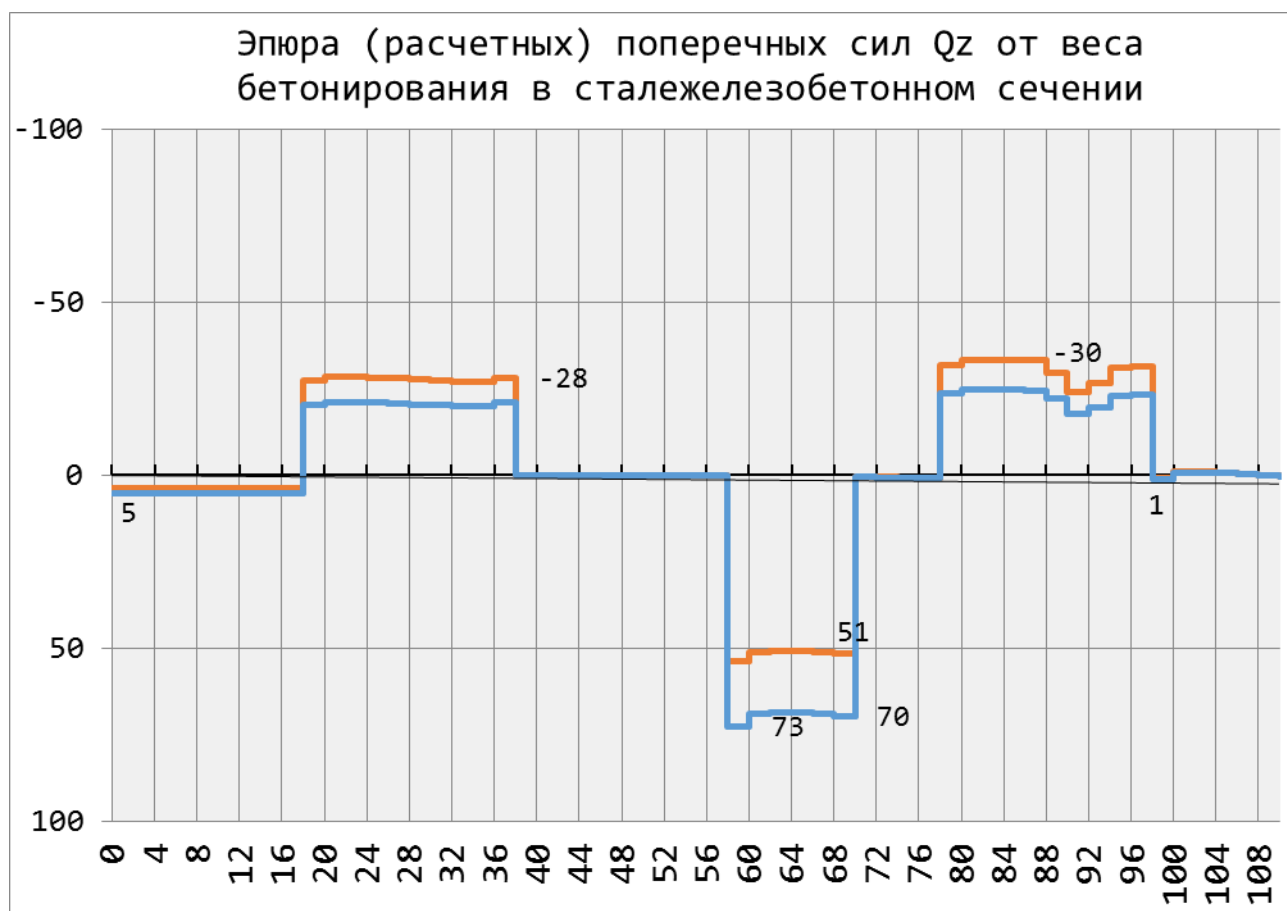
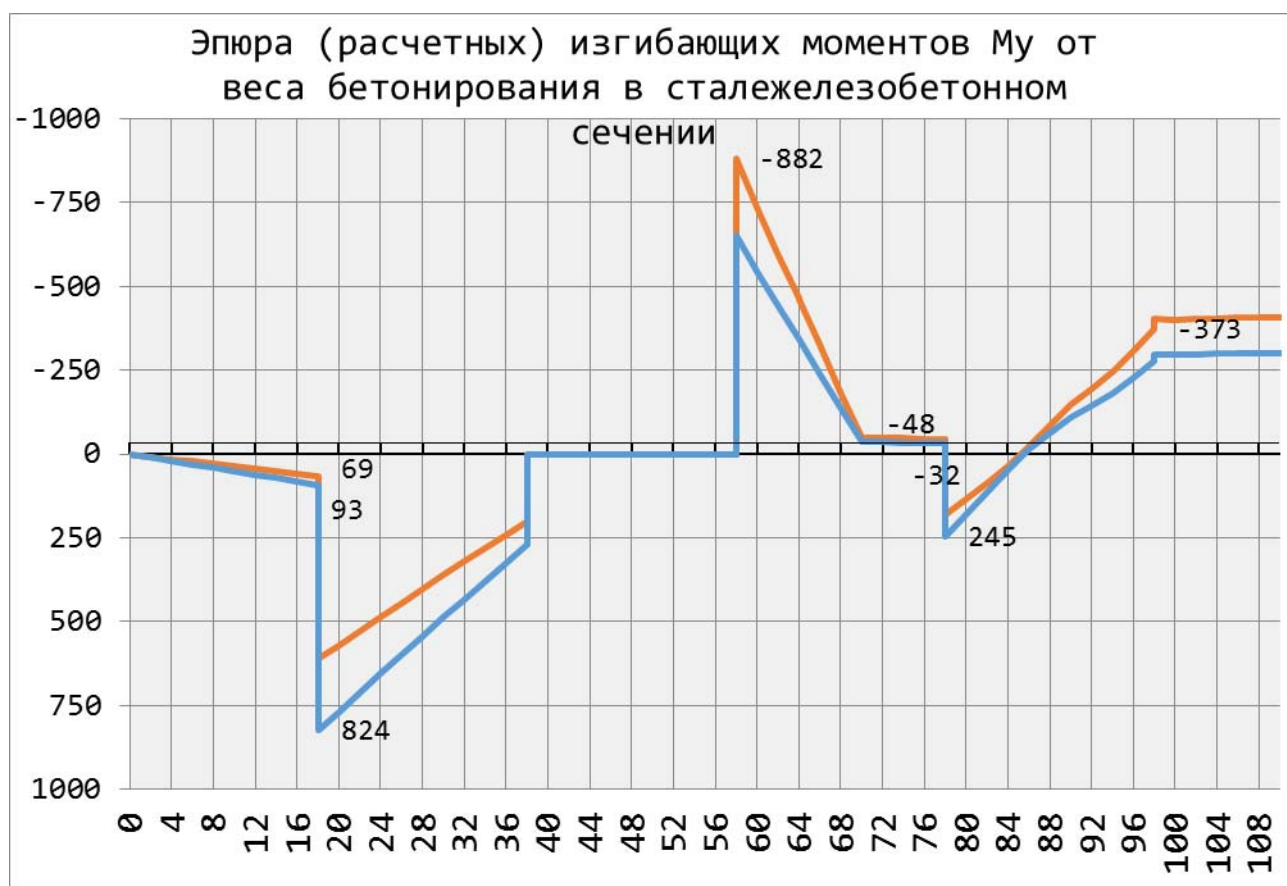


Эпюра (расчетных) поперечных сил Q_z от 1-стадии постоянных нагрузок

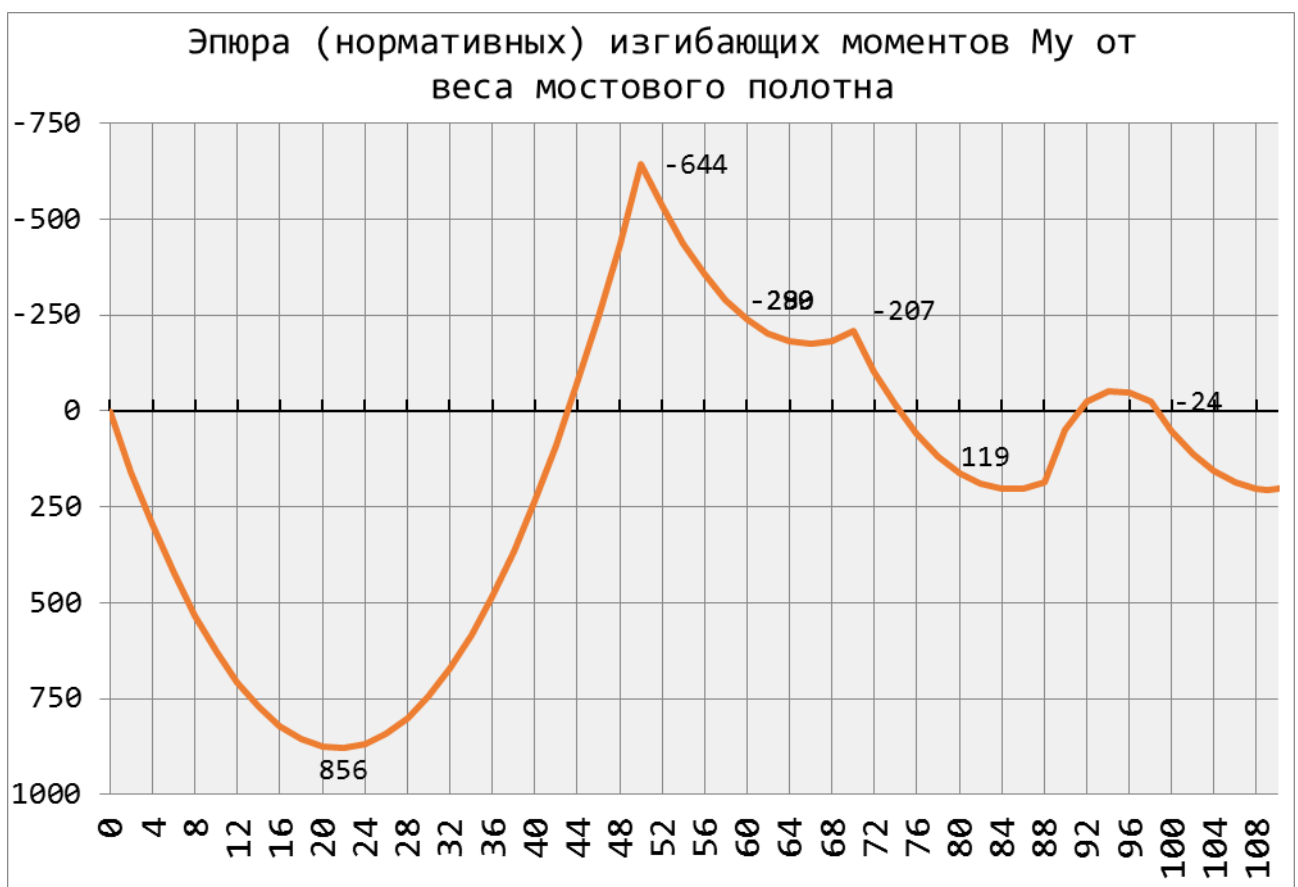
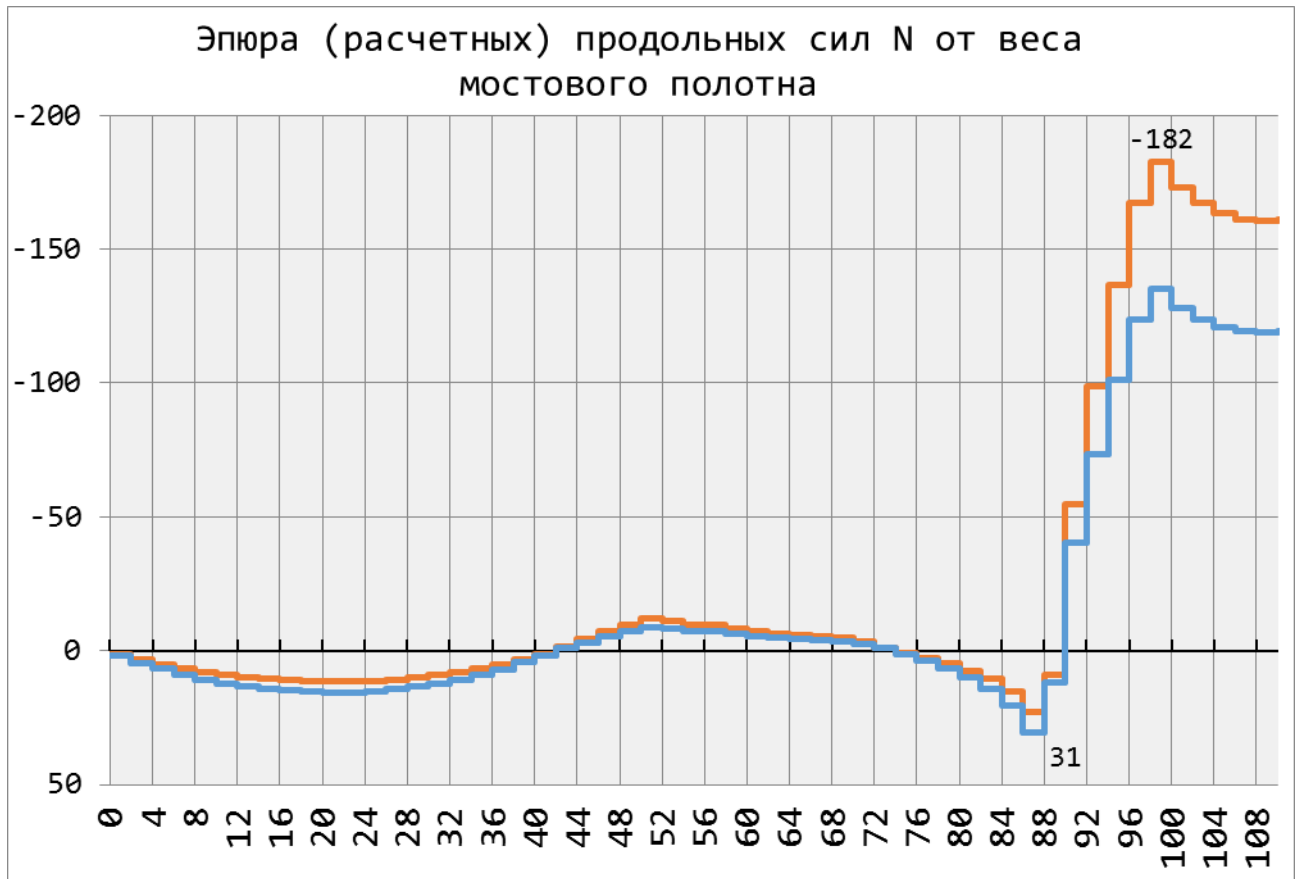


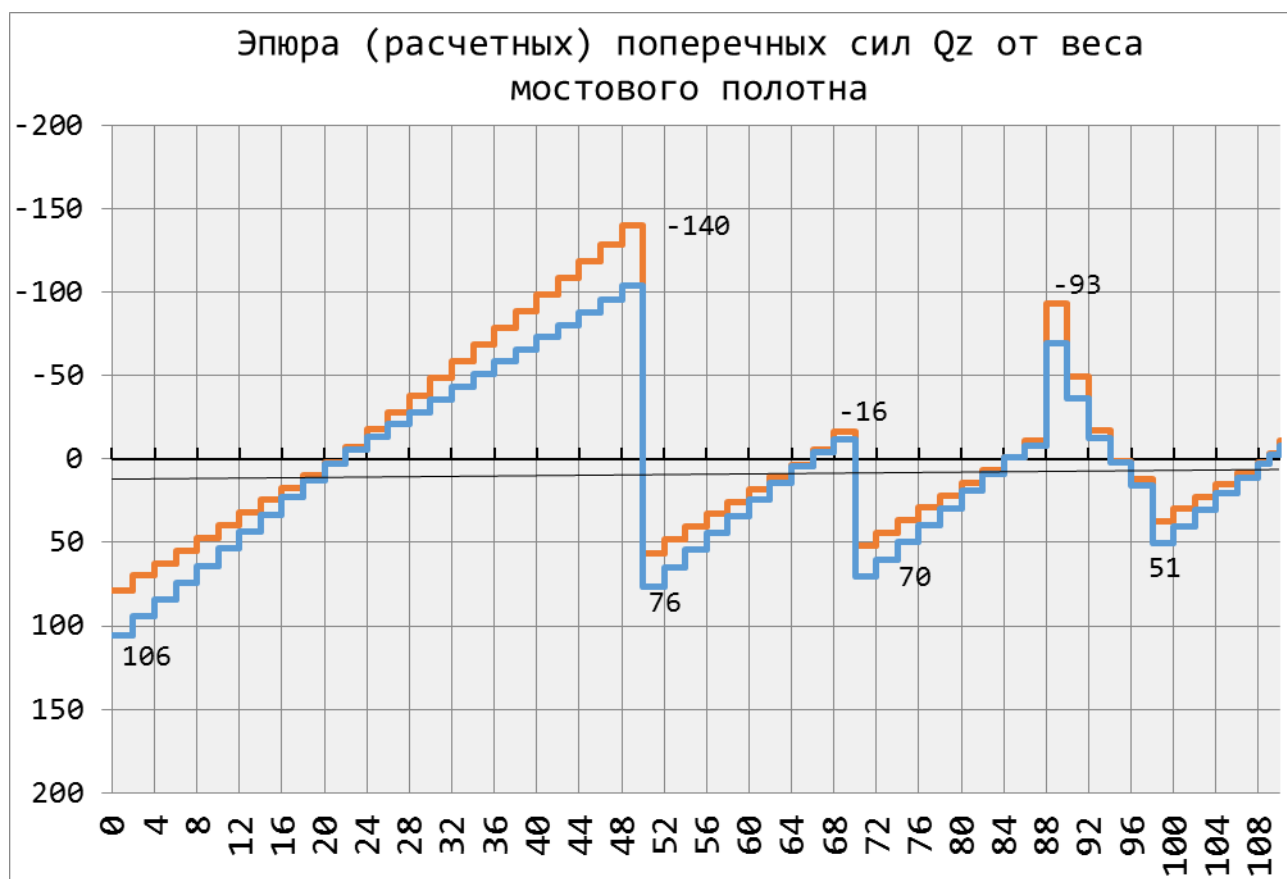
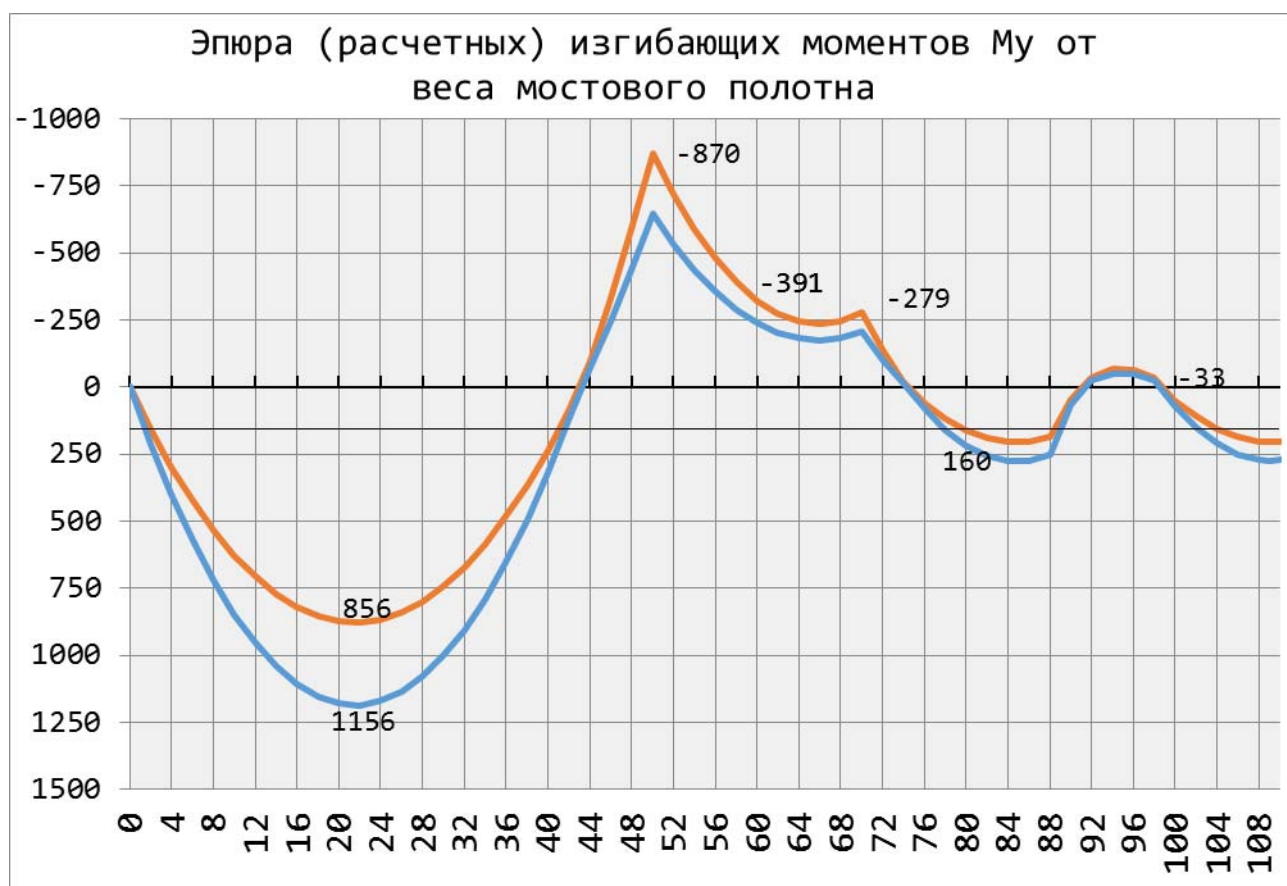
5.2.5 ეპიურები ფოლად-რკინაბეტონის კვეთში ბეტონირების წონისაგან



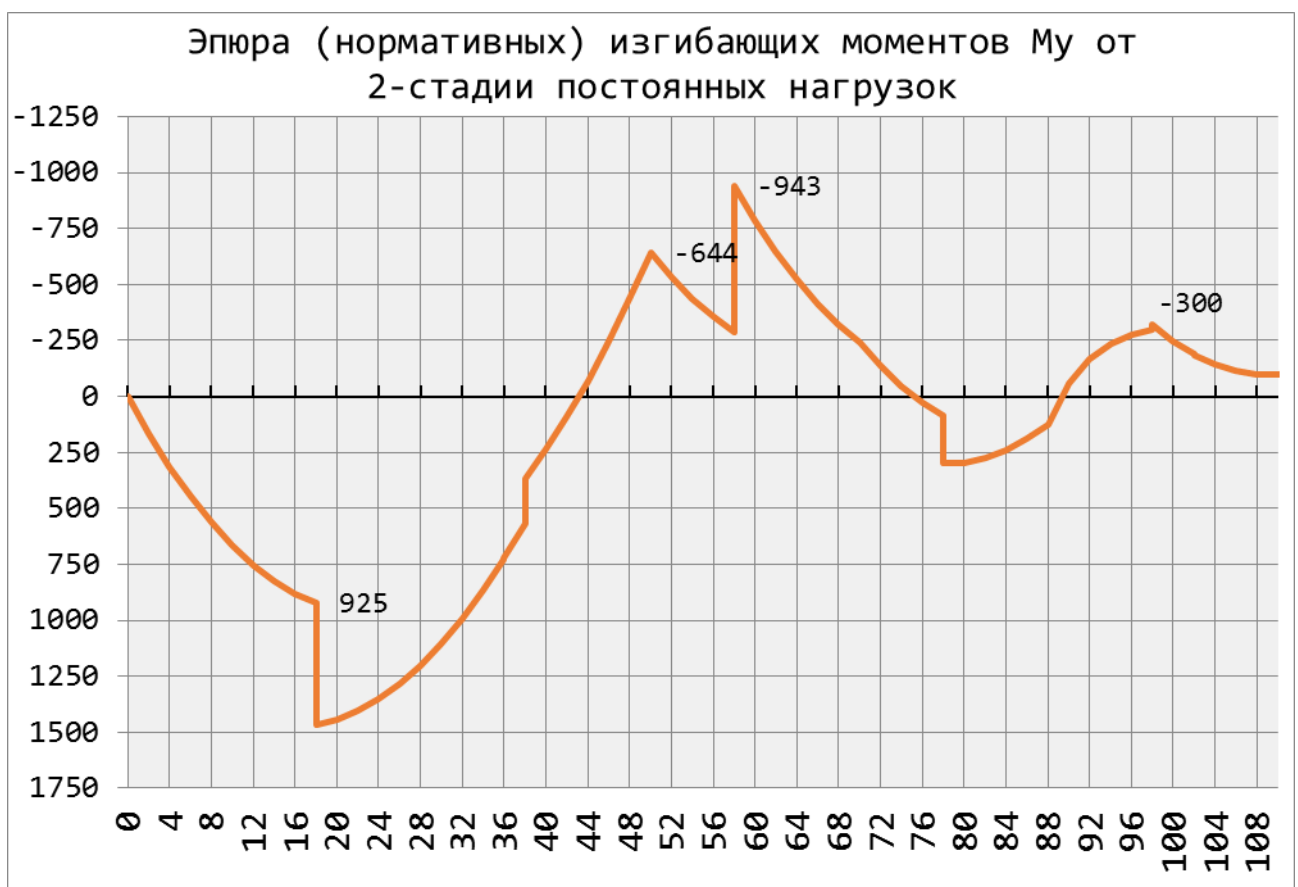
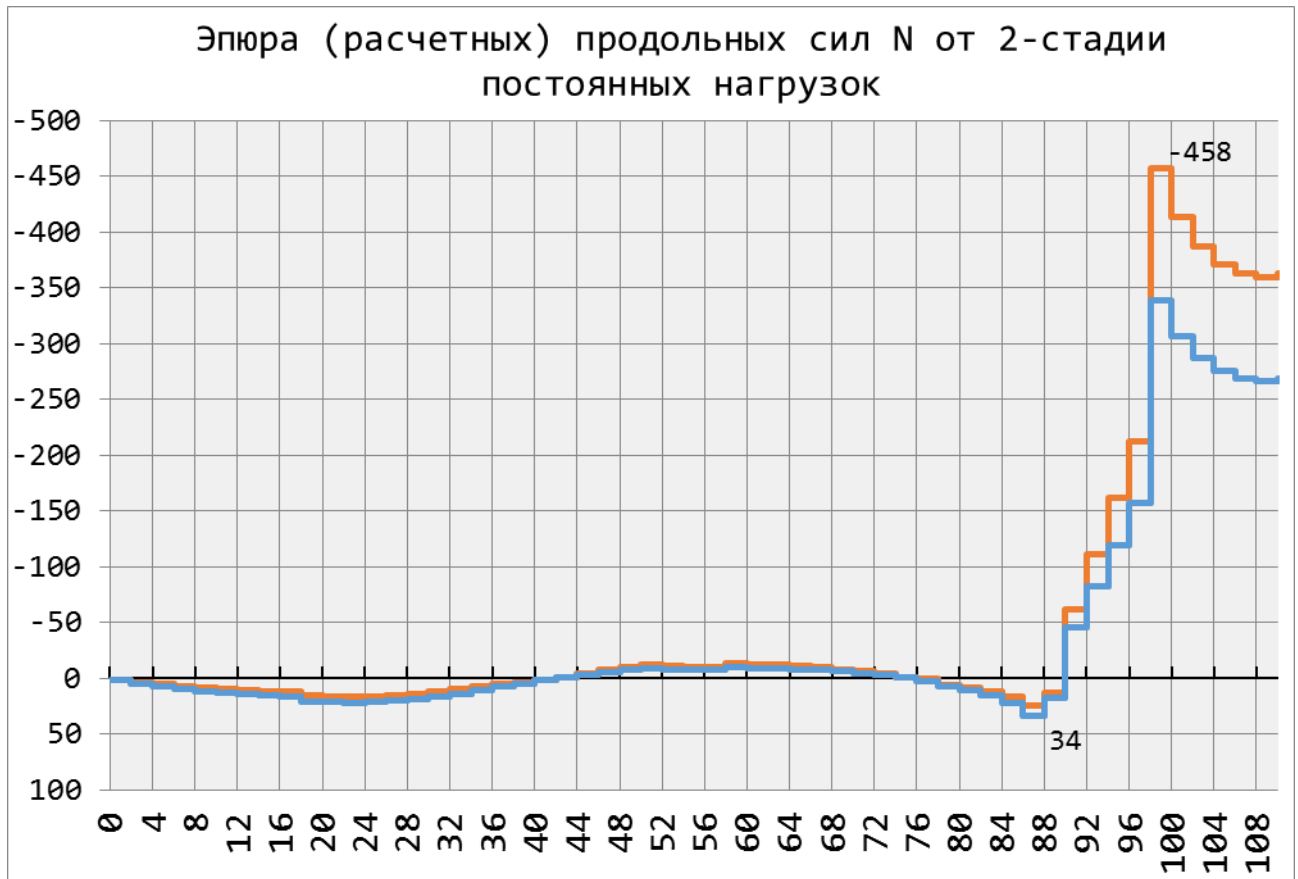


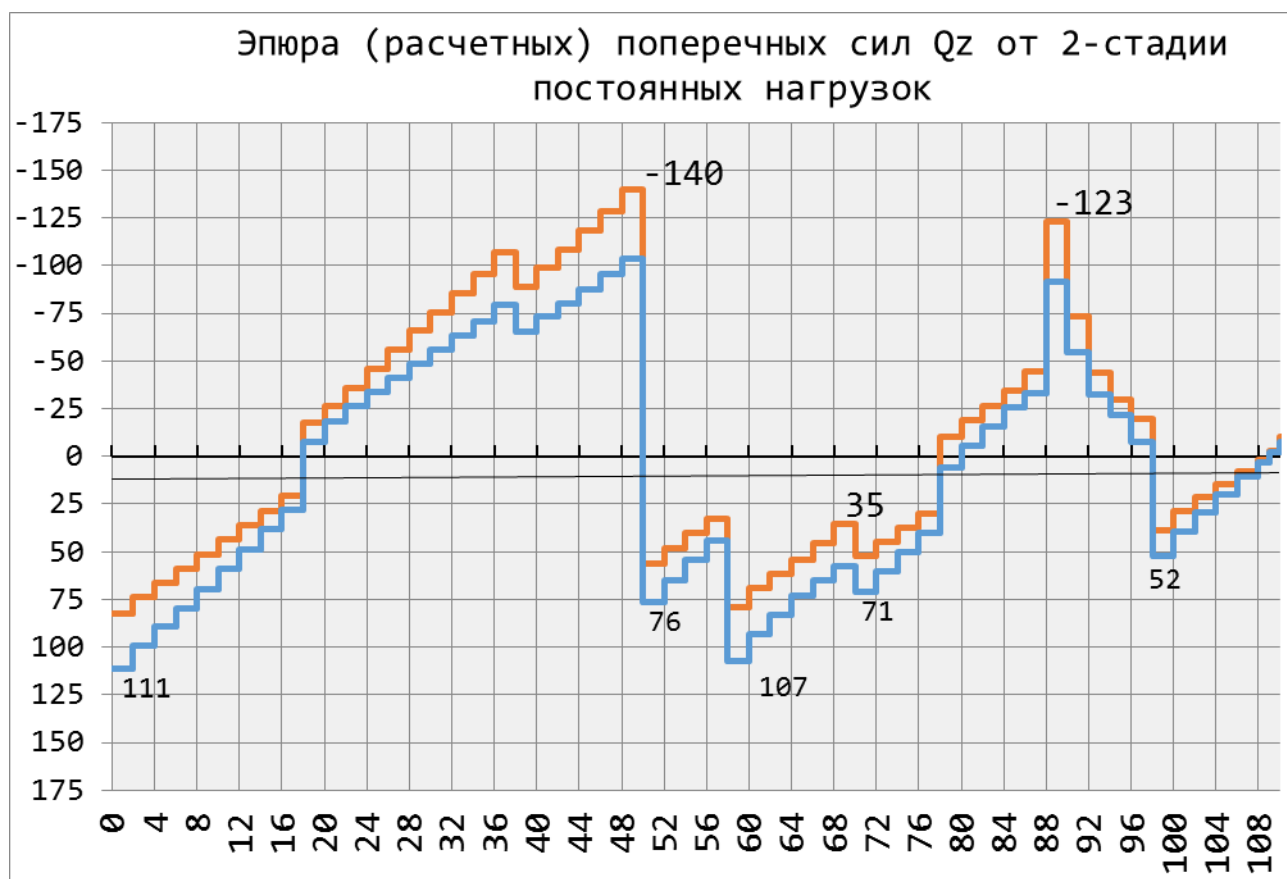
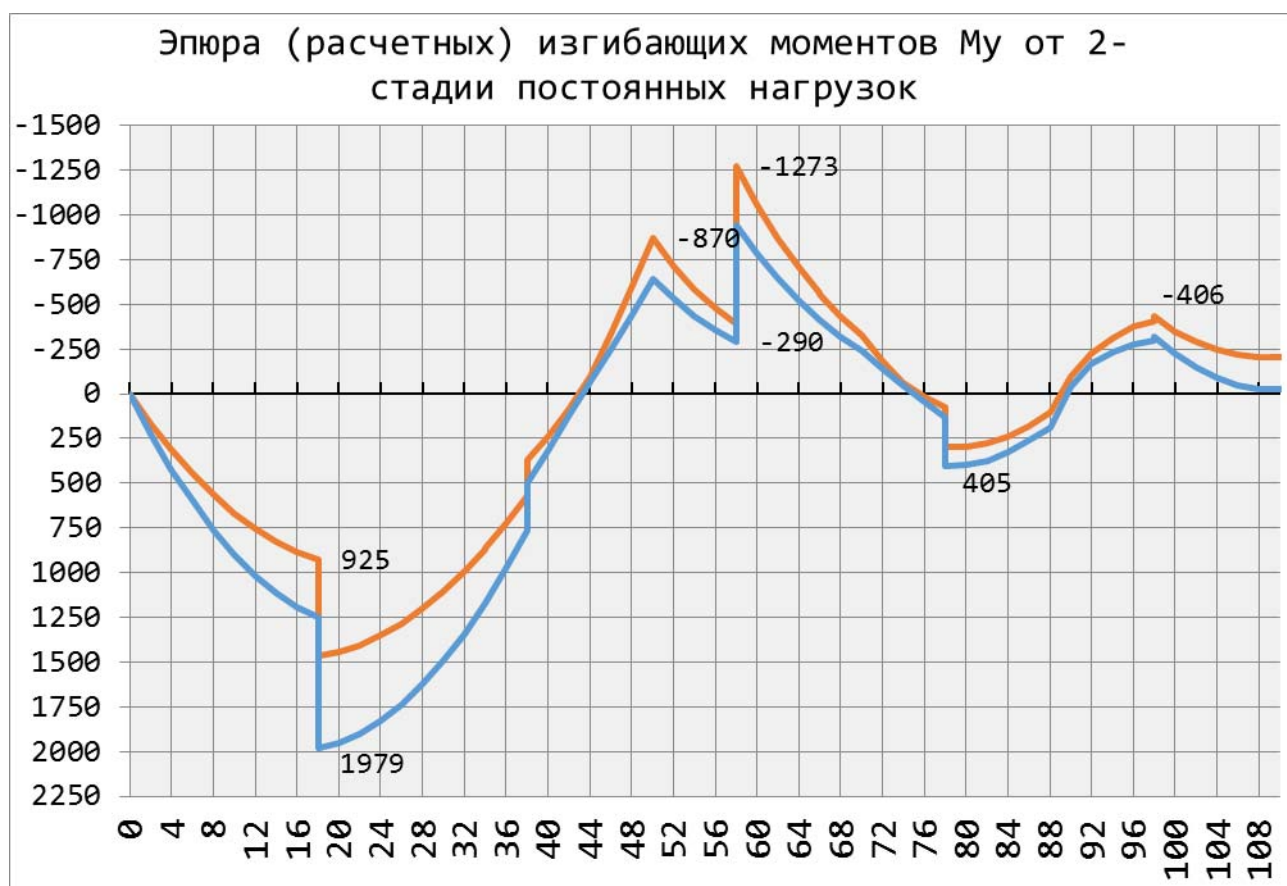
5.2.6 ეპიურები ხიდის ვაკისის წონისაგან



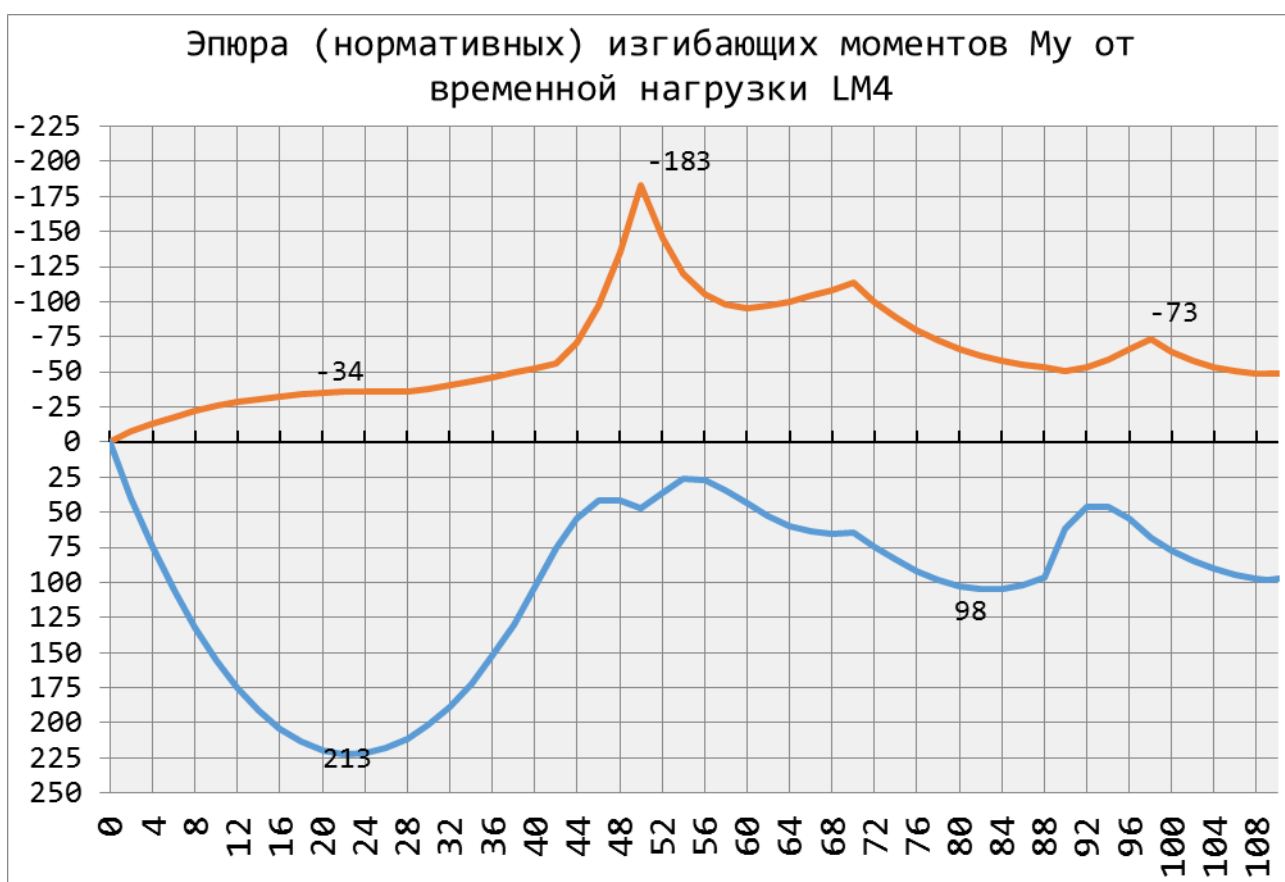
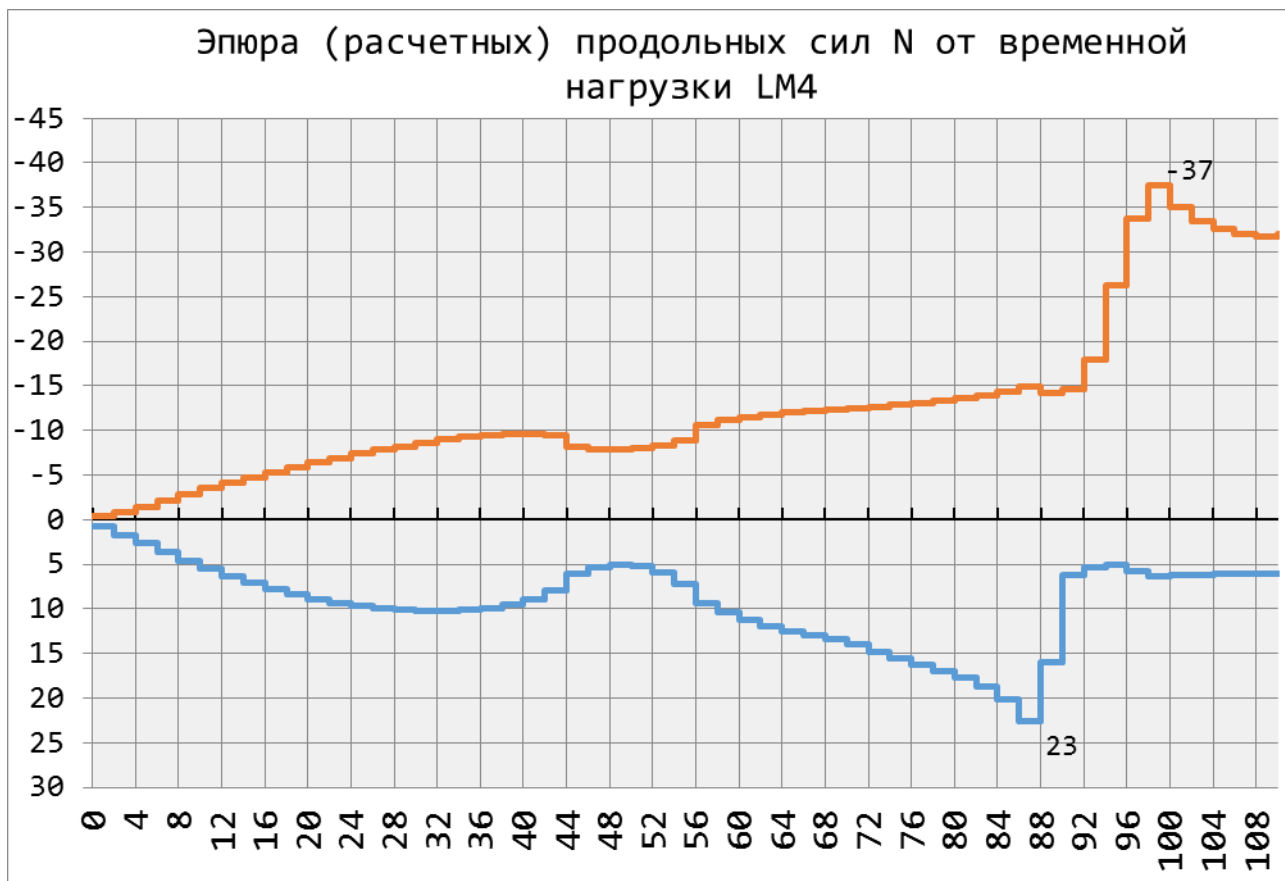


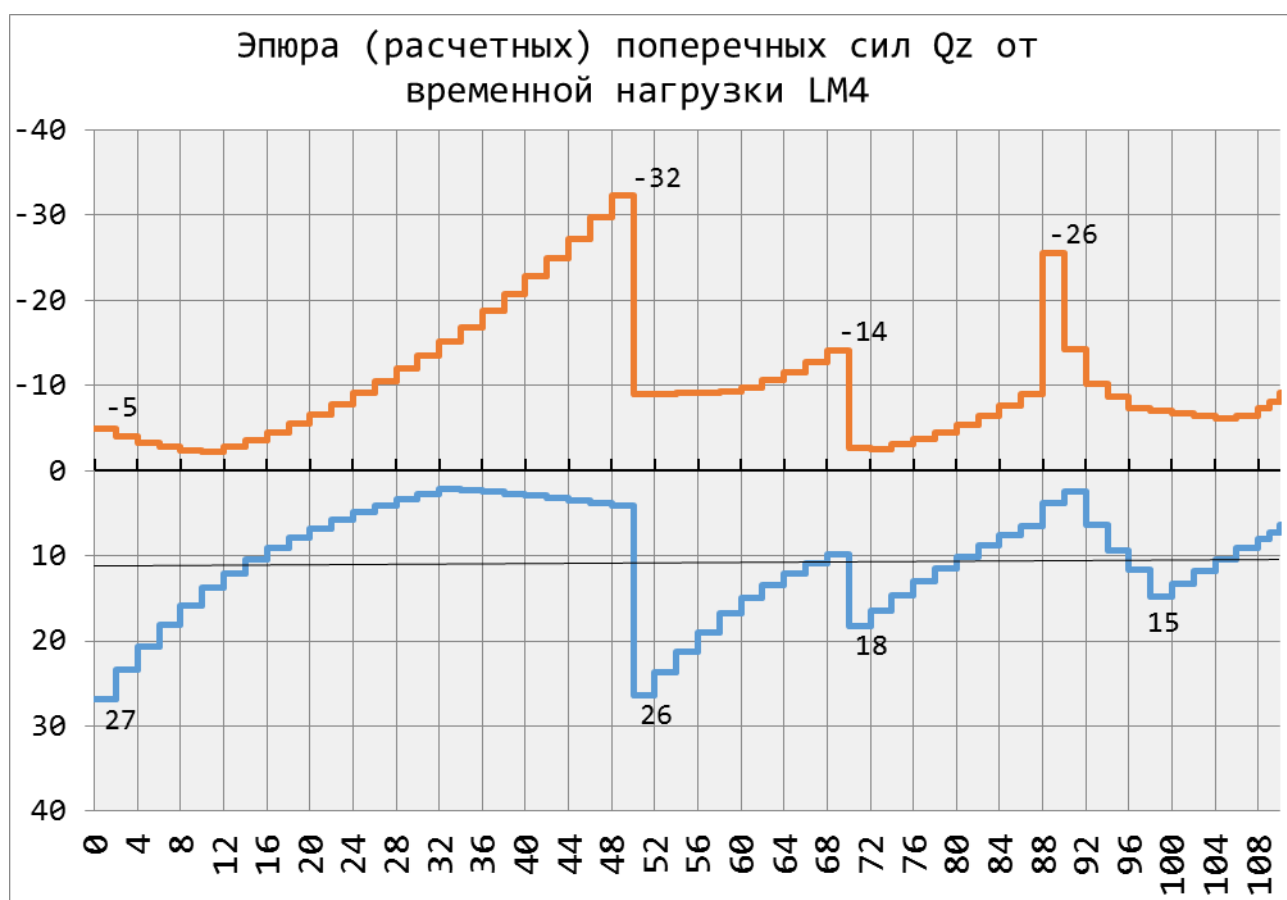
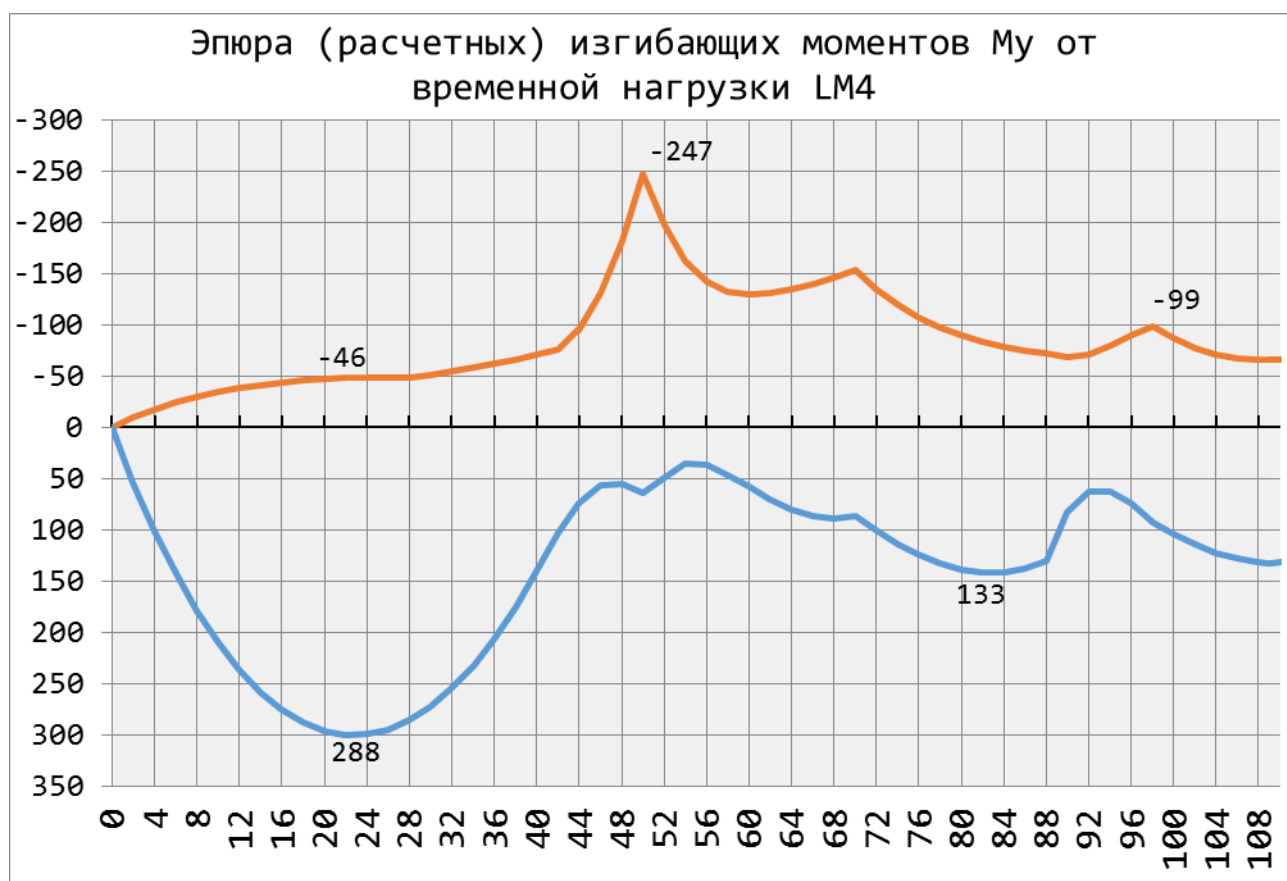
5.2.7 ეპიურები 2-სტადიის მუდმივი დატვირთვებისაგან



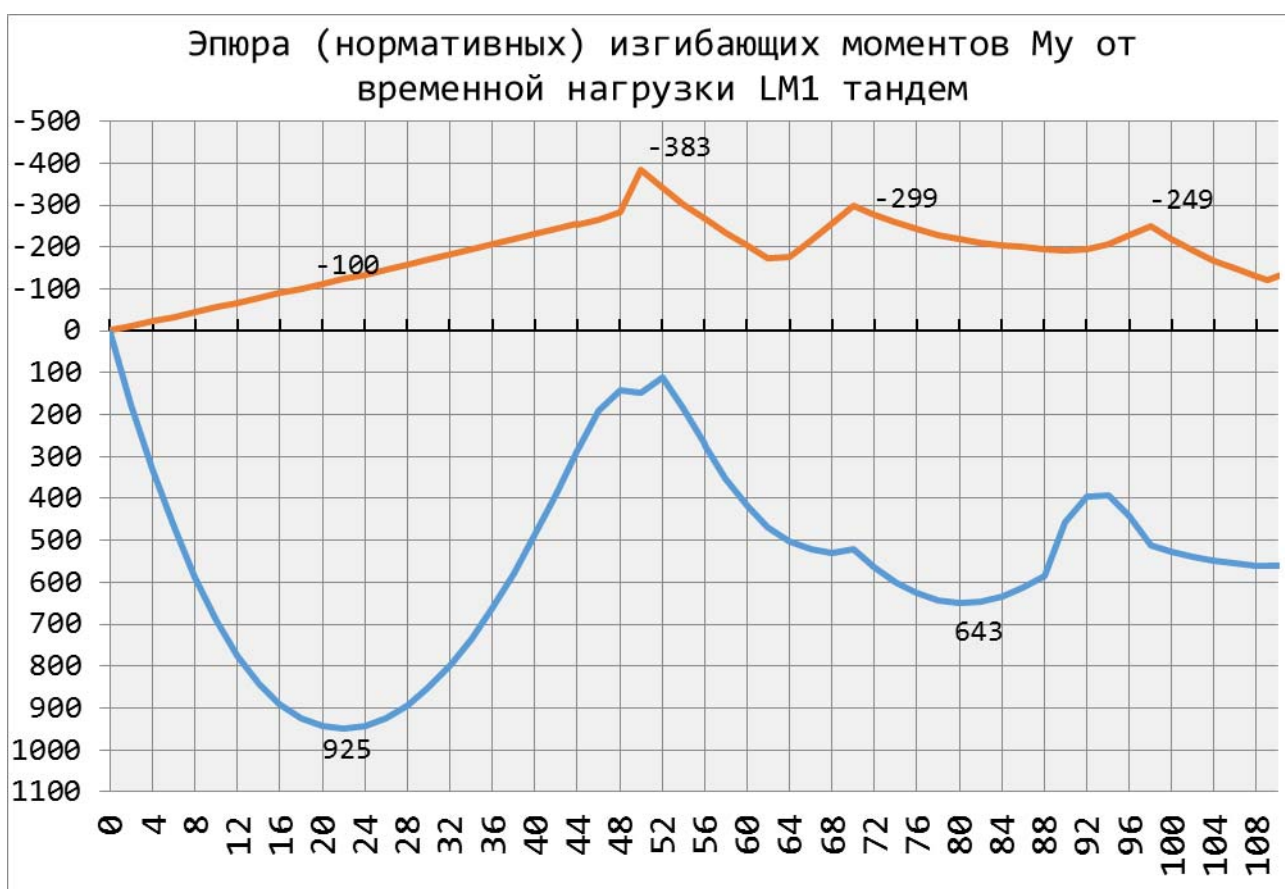
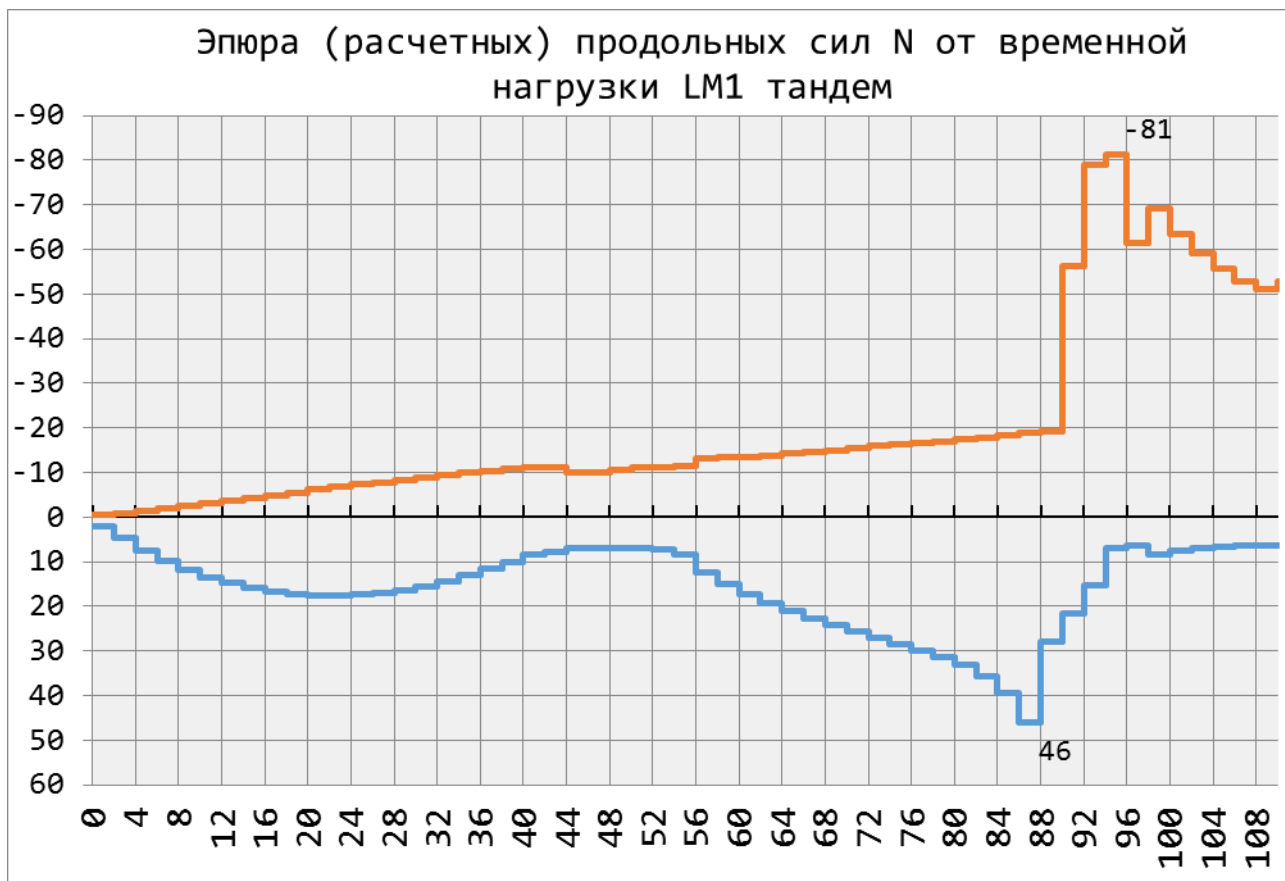


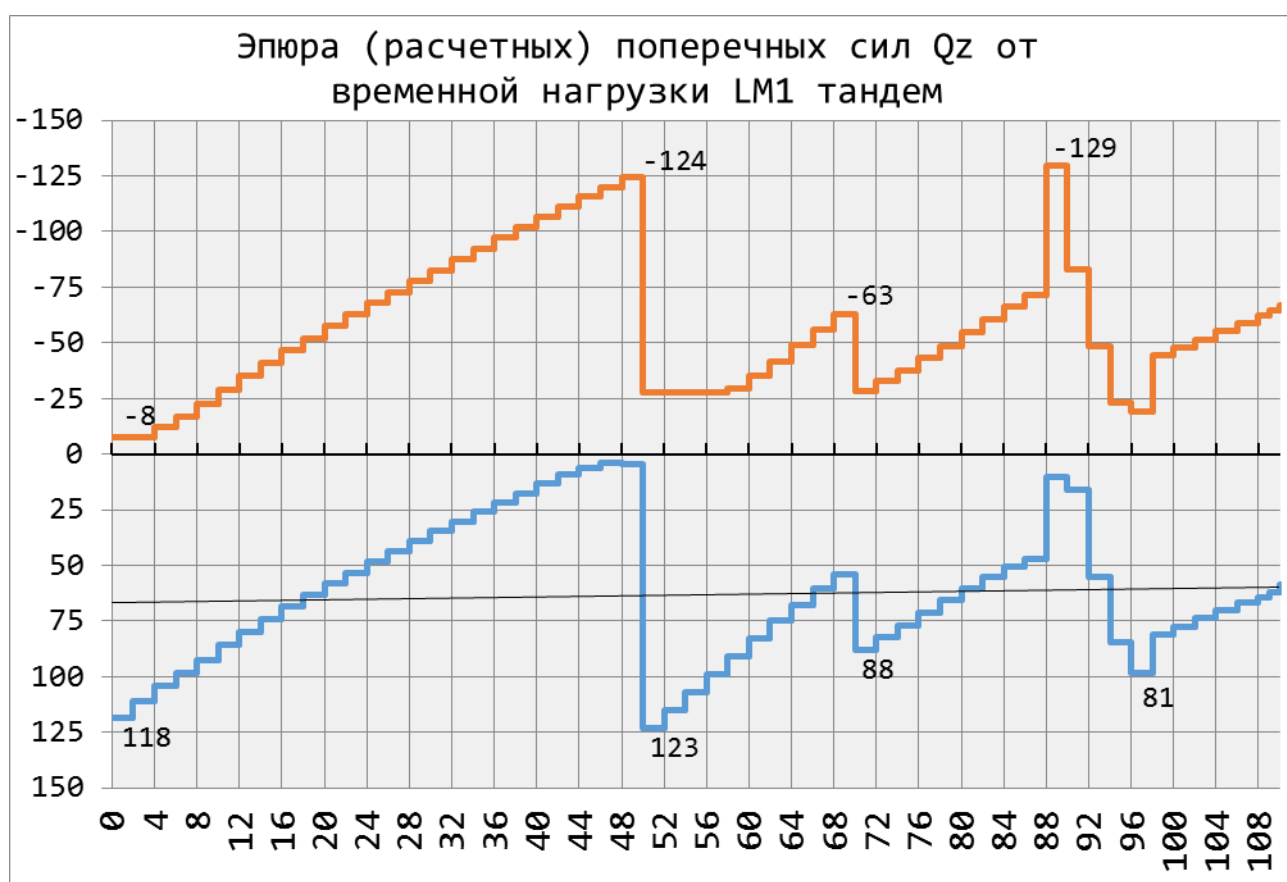
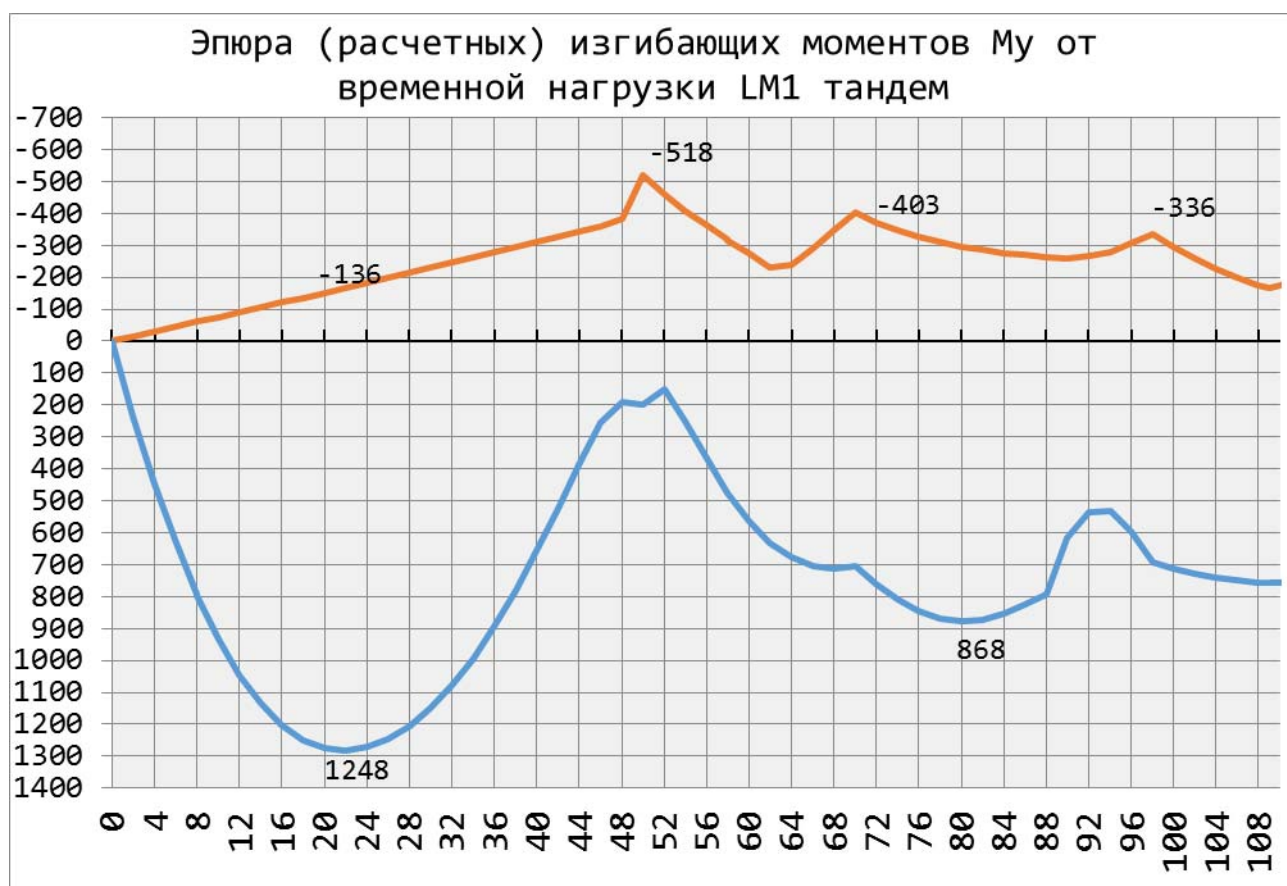
5.2.8 ეპიურები ფეხით მოსიარულეთაგან LM4



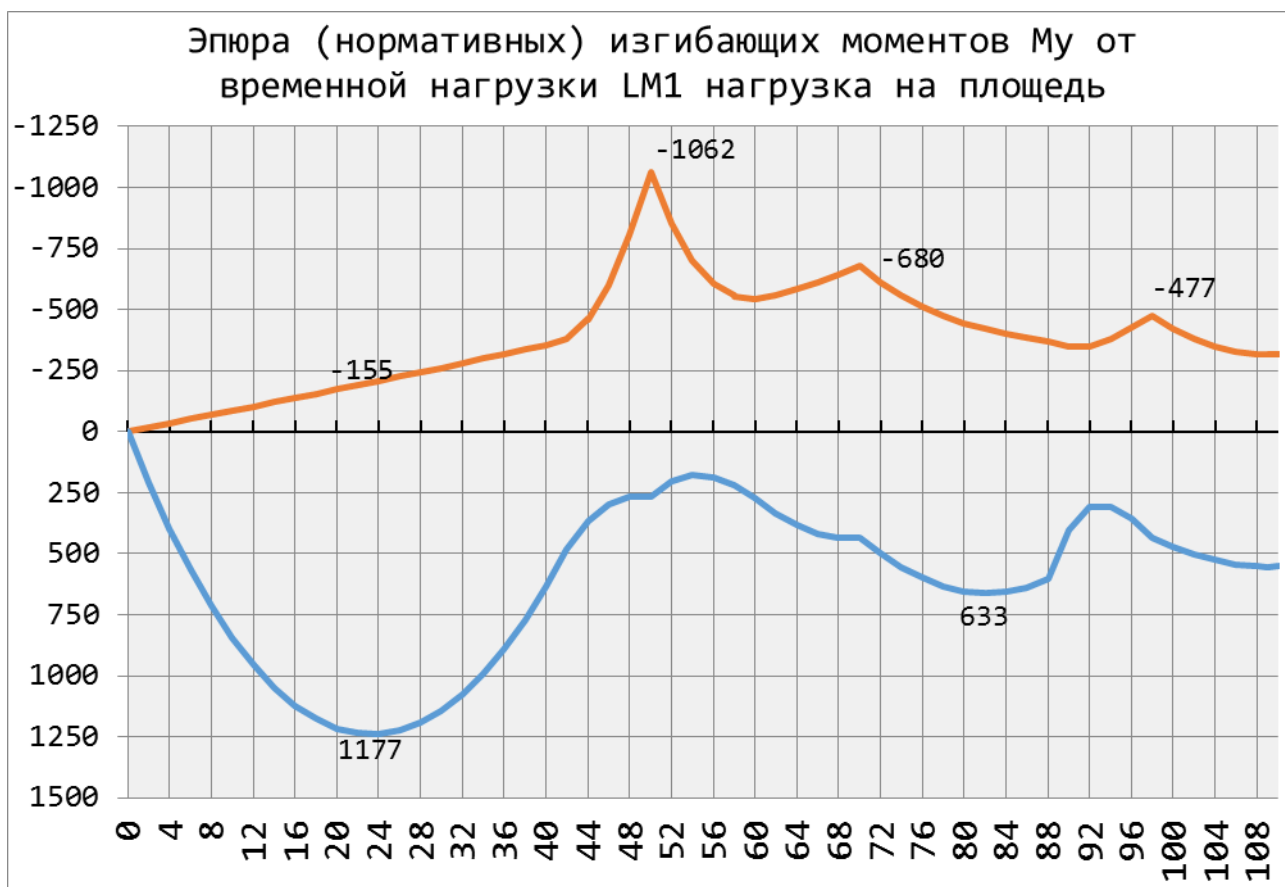
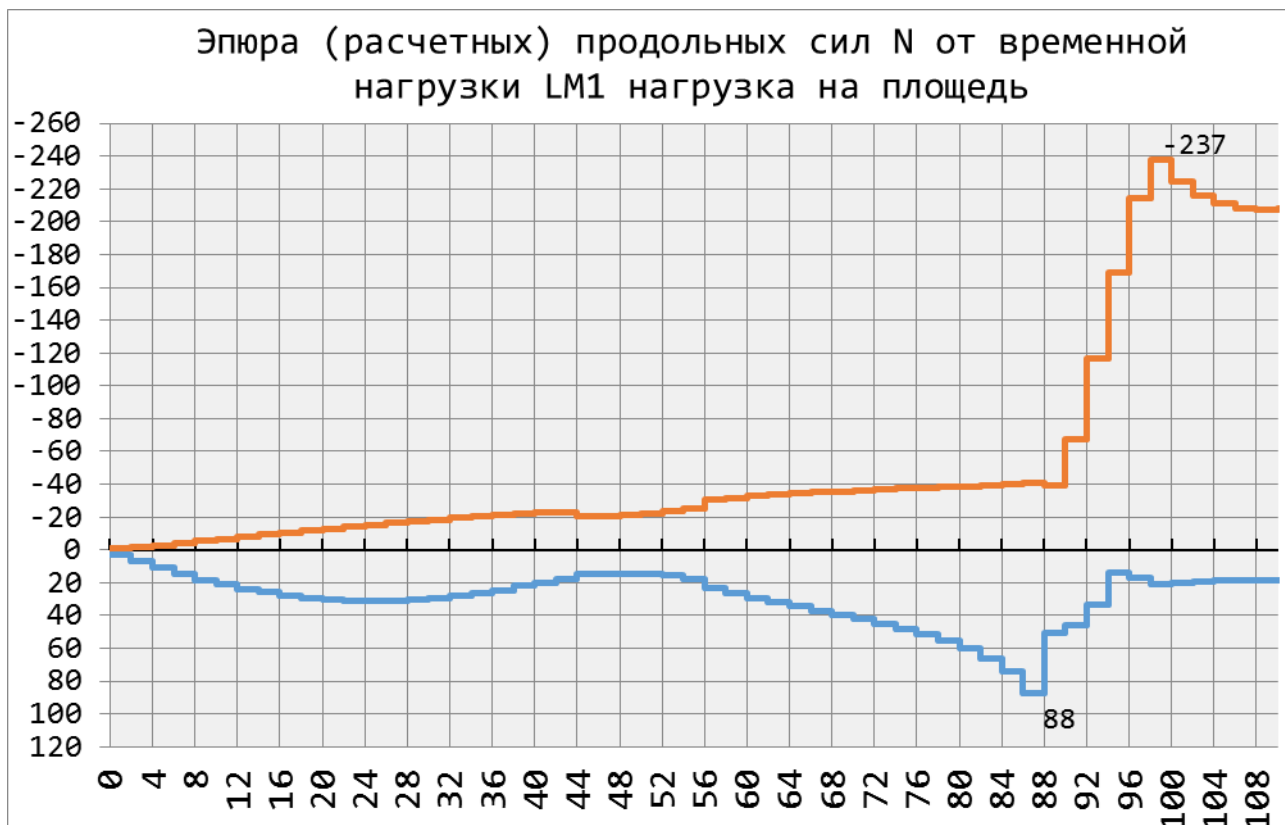


5.2.9 ეპიურები ტანდემისაგან LM1

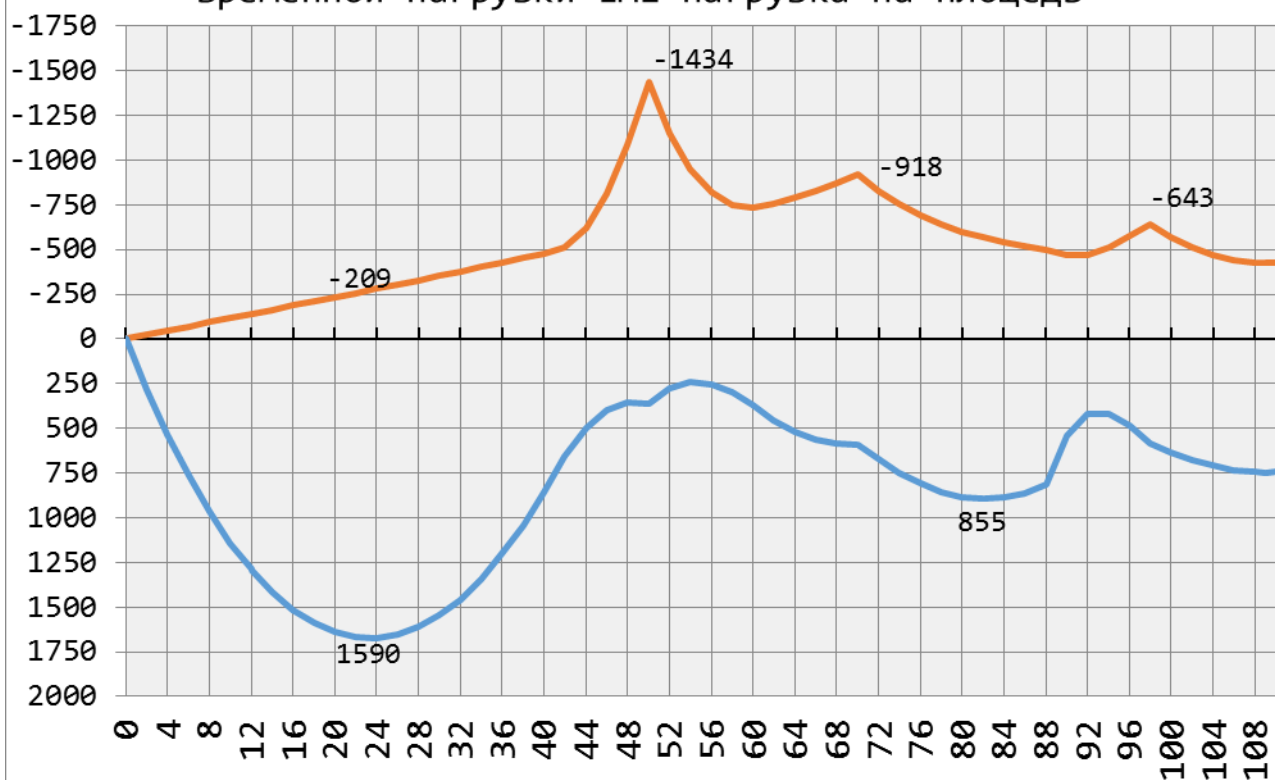




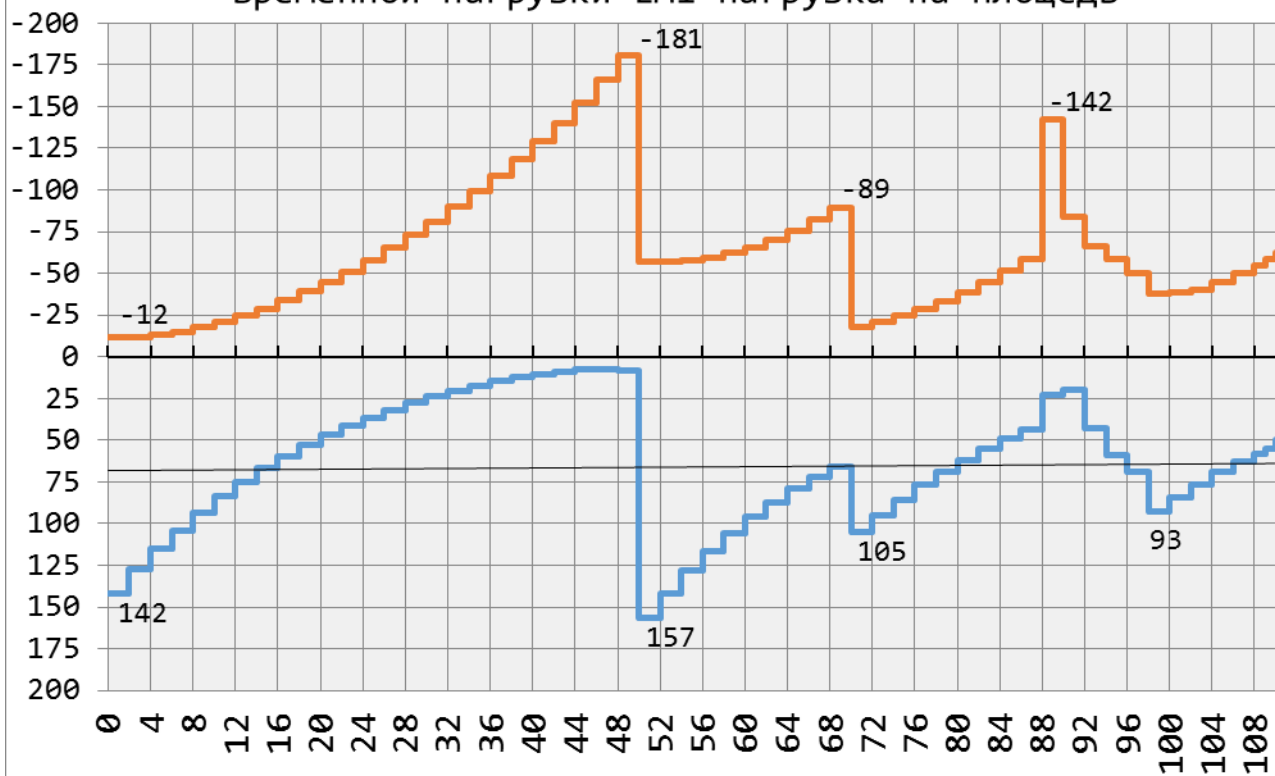
5.2.10 ეპიურები განაწილებული LM1



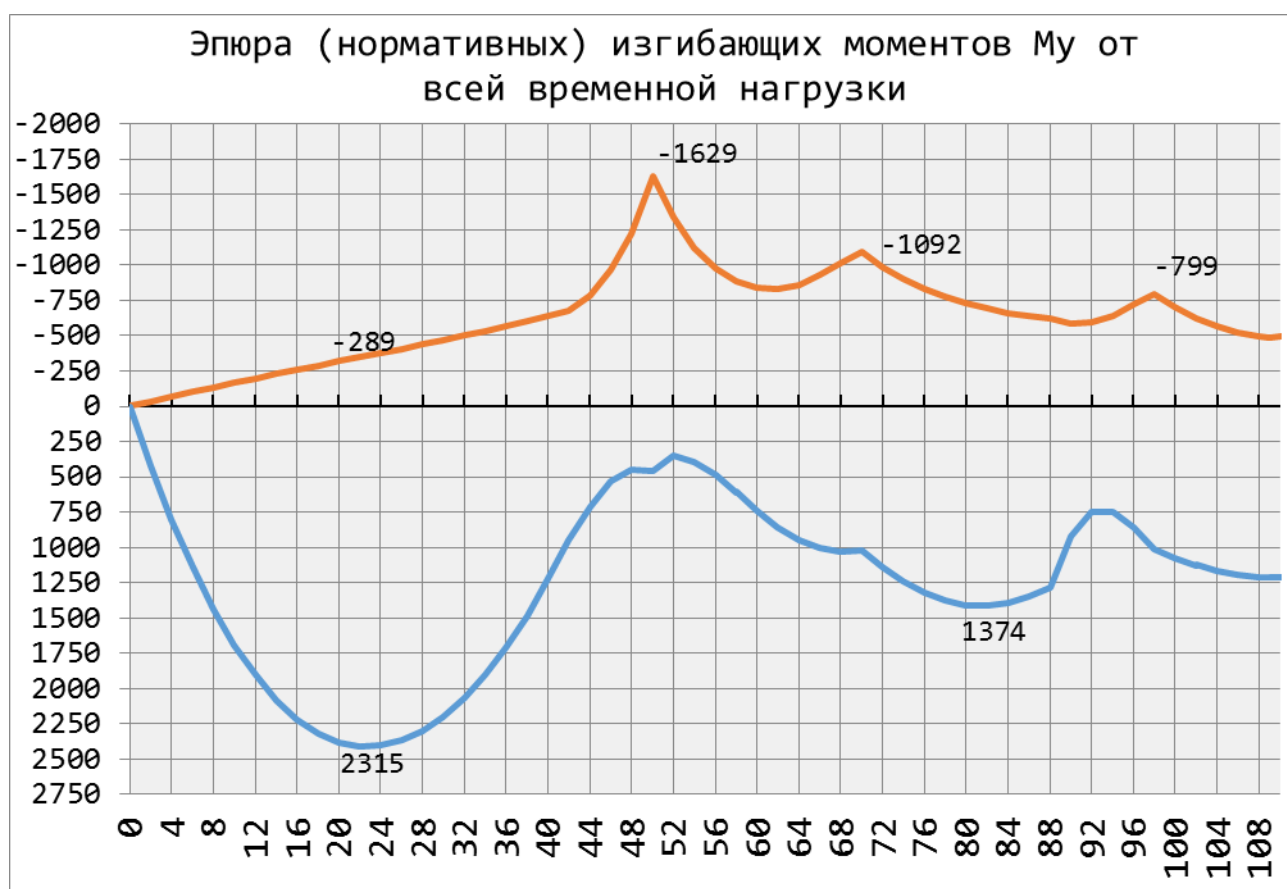
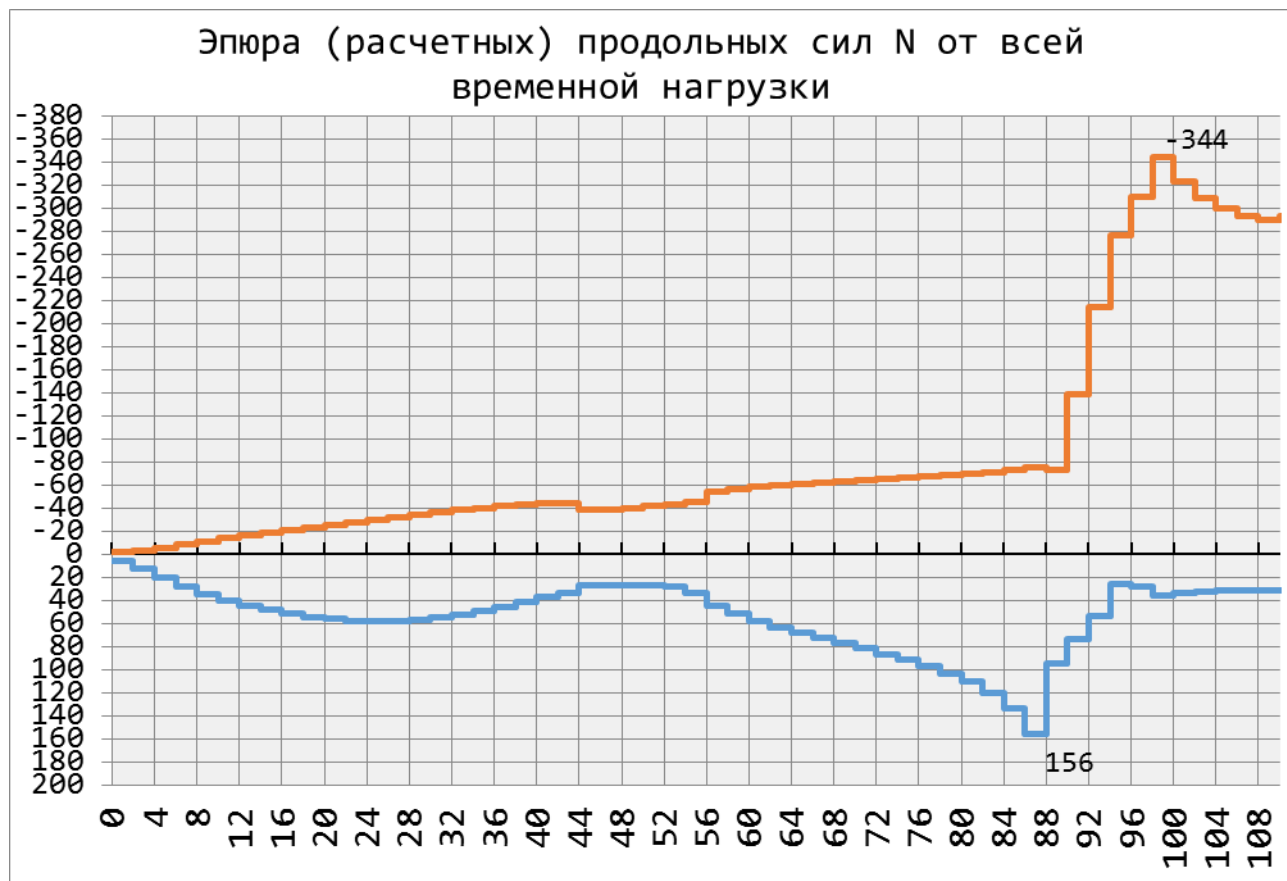
Эпюра (расчетных) изгибающих моментов M_u от временной нагрузки LM1 нагрузка на площадь

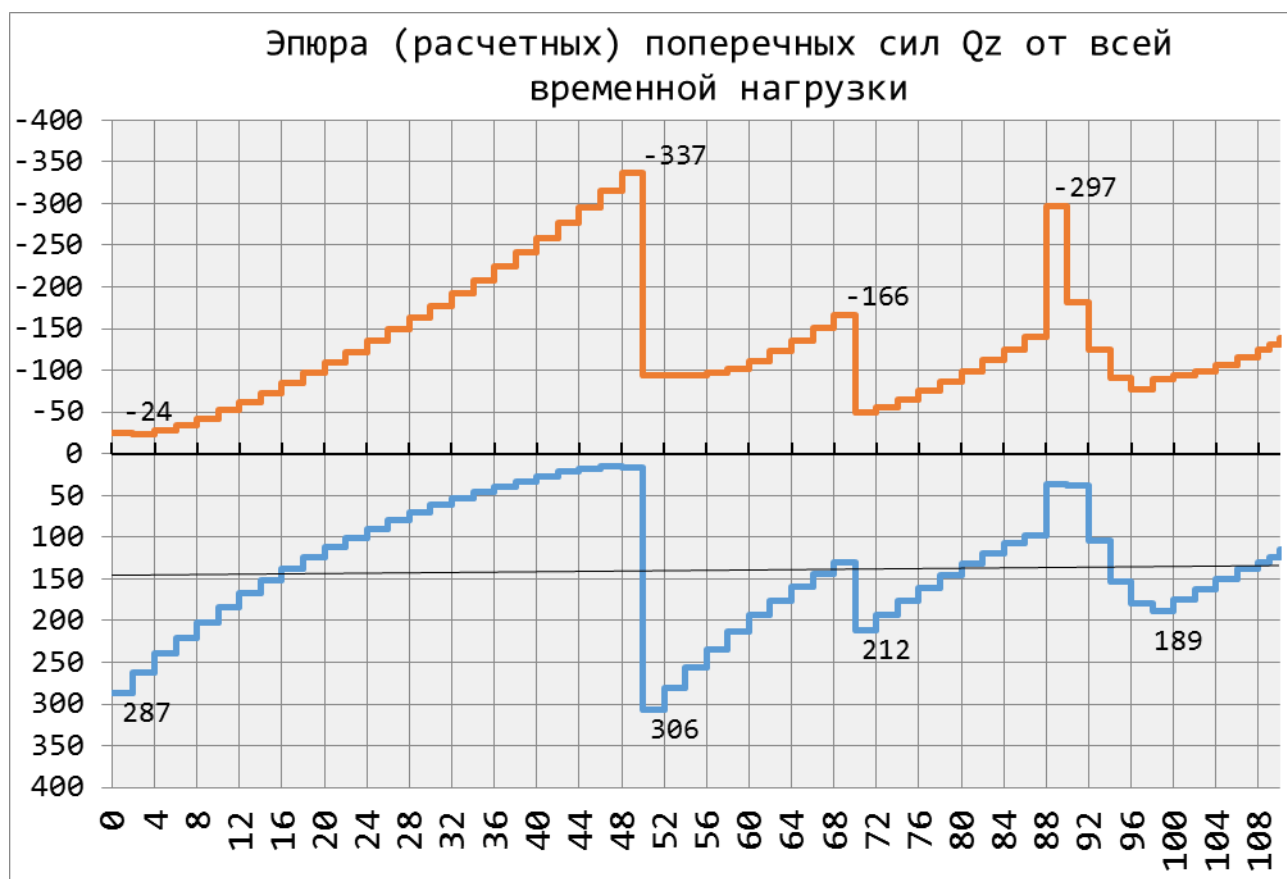
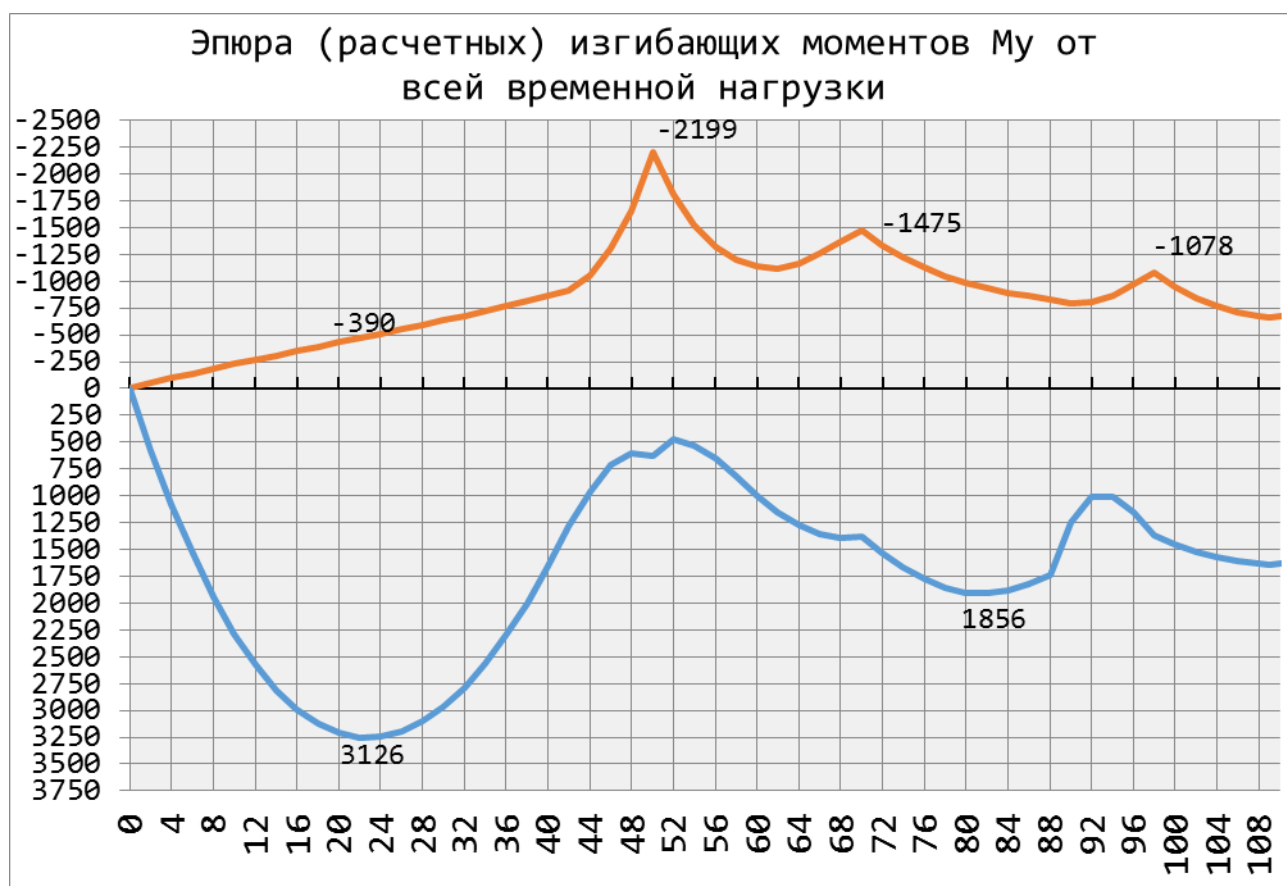


Эпюра (расчетных) поперечных сил Q_z от временной нагрузки LM1 нагрузка на площадь

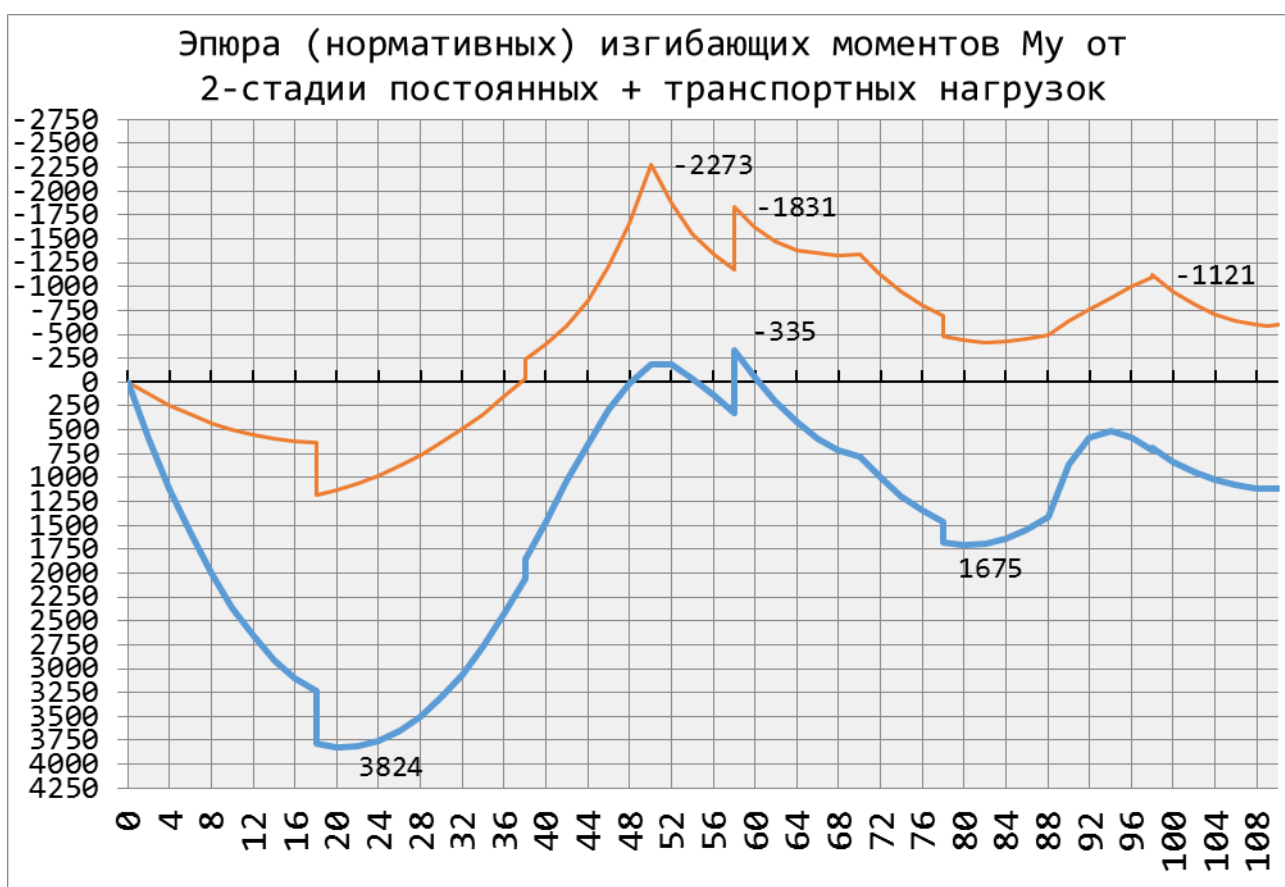
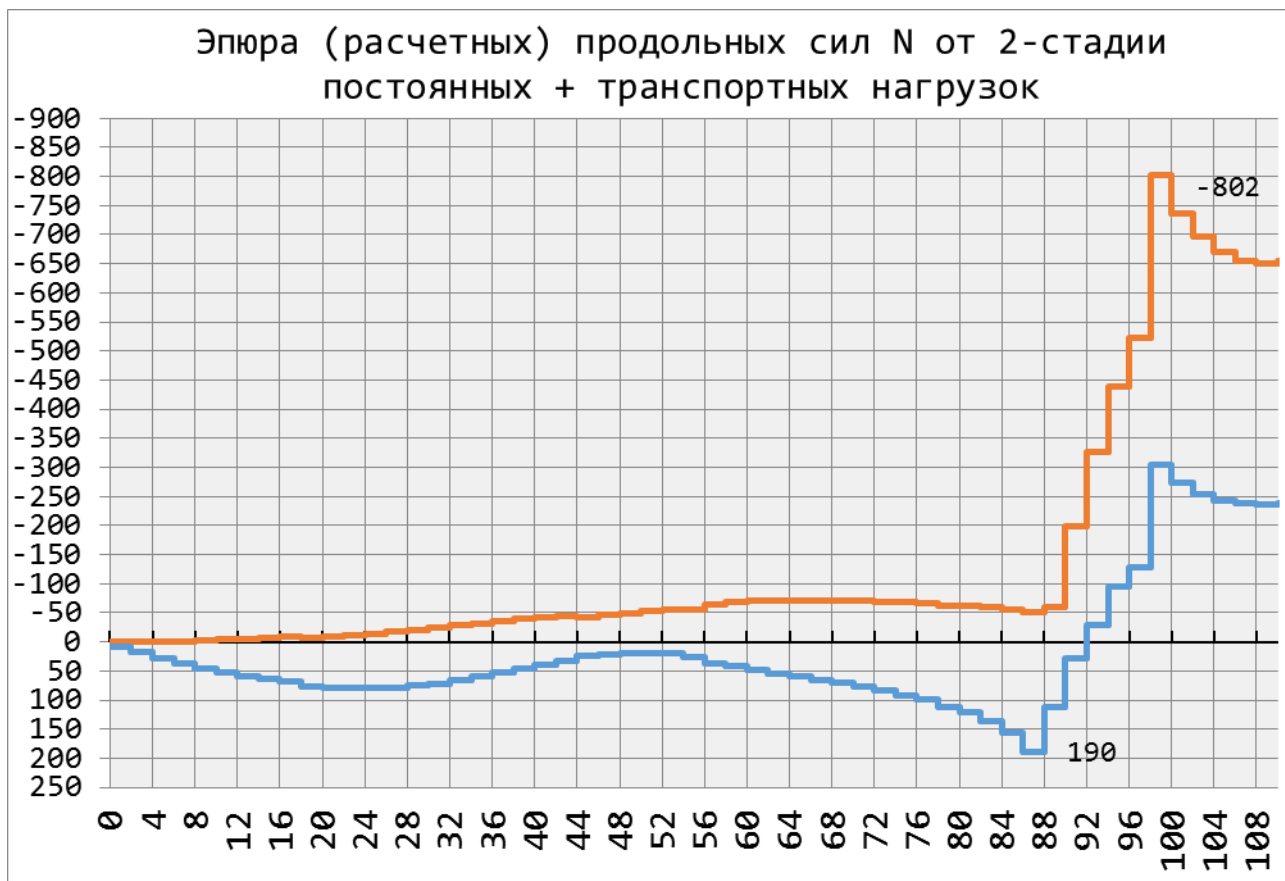


5.2.11 ეპიურები ჯამური LM1

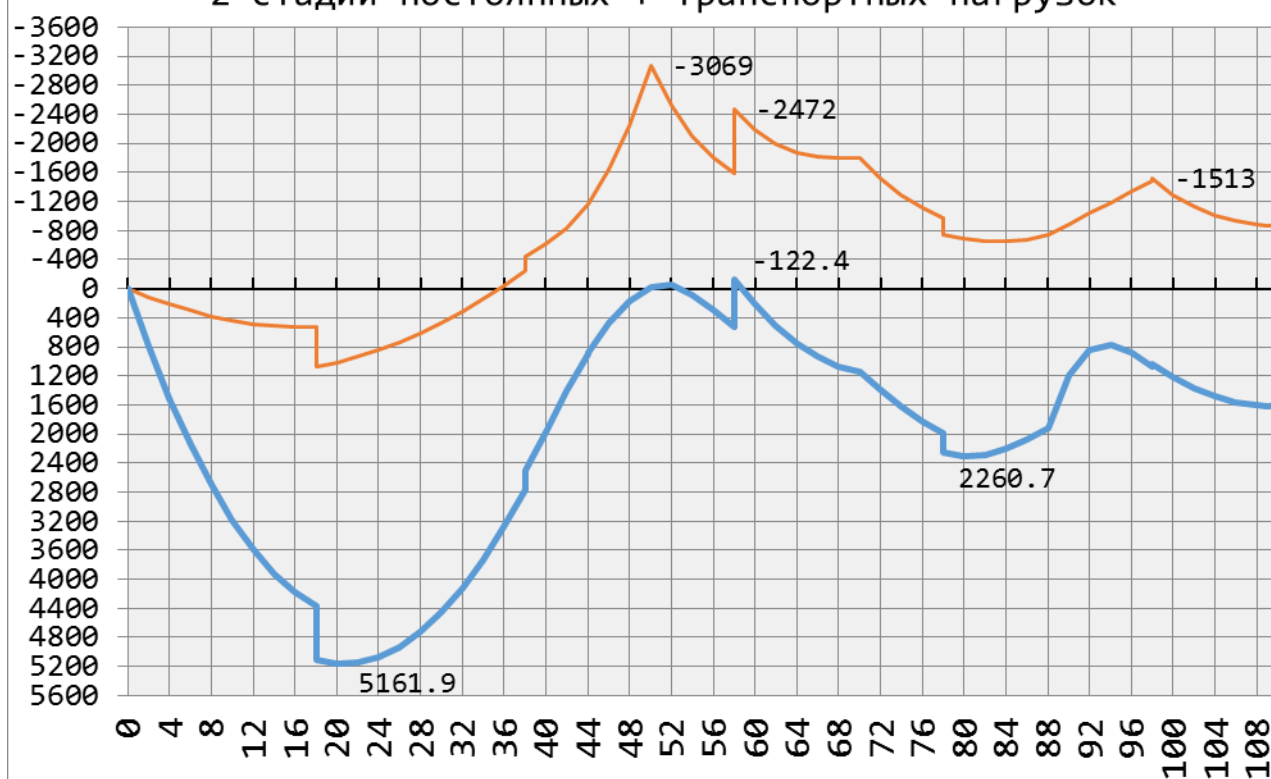




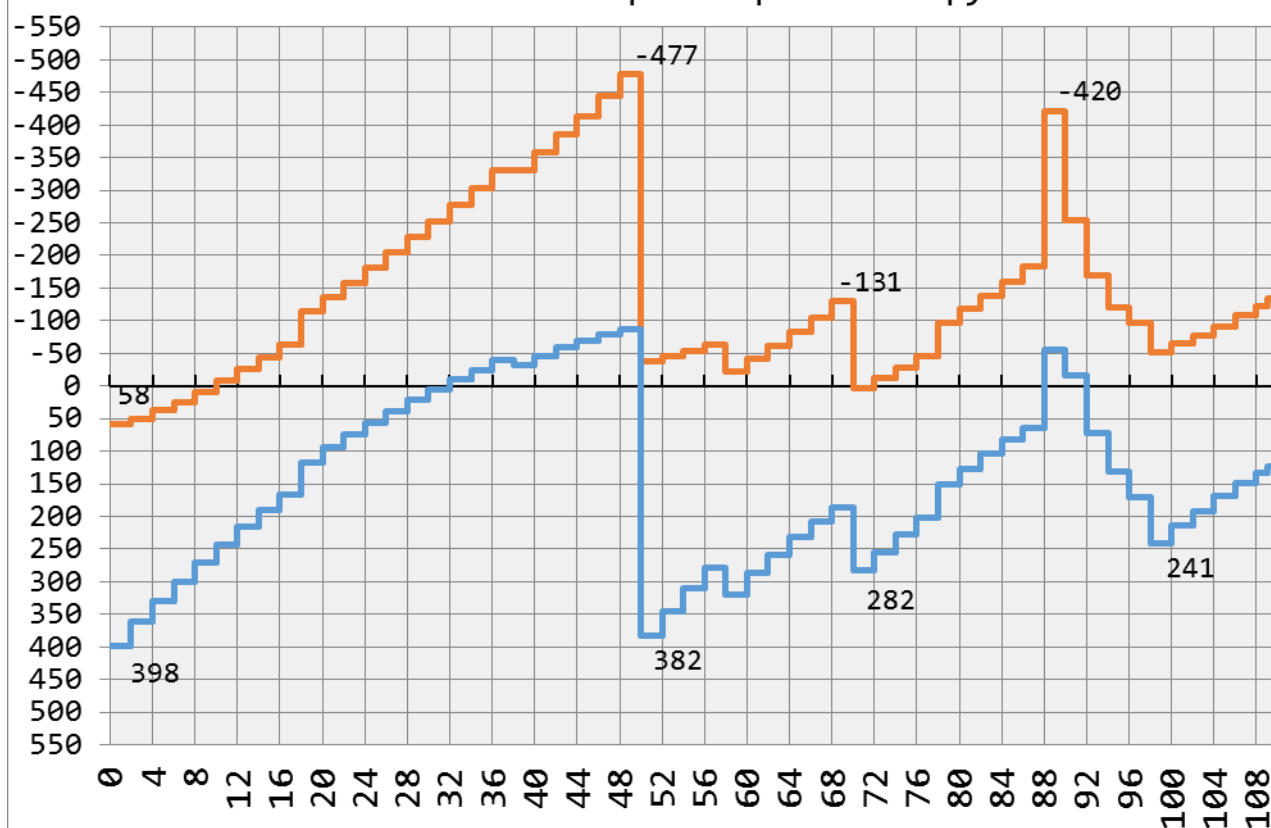
5.2.12 ეპიურები 2-სტადიის მუდმივი დატვირთვებისაგან + LM1



Эпюра (расчетных) изгибающих моментов M_y от 2-стадии постоянных + транспортных нагрузок

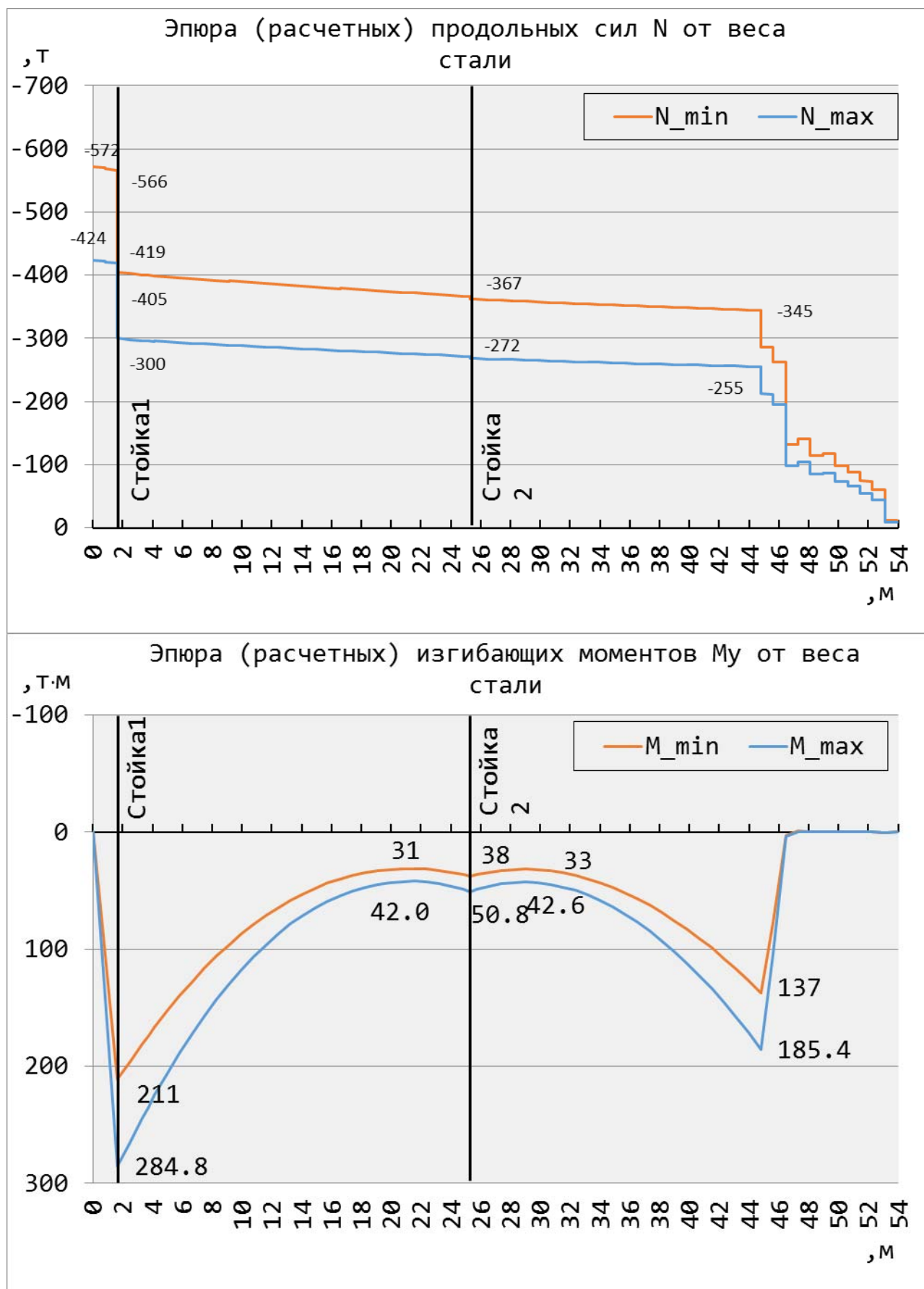


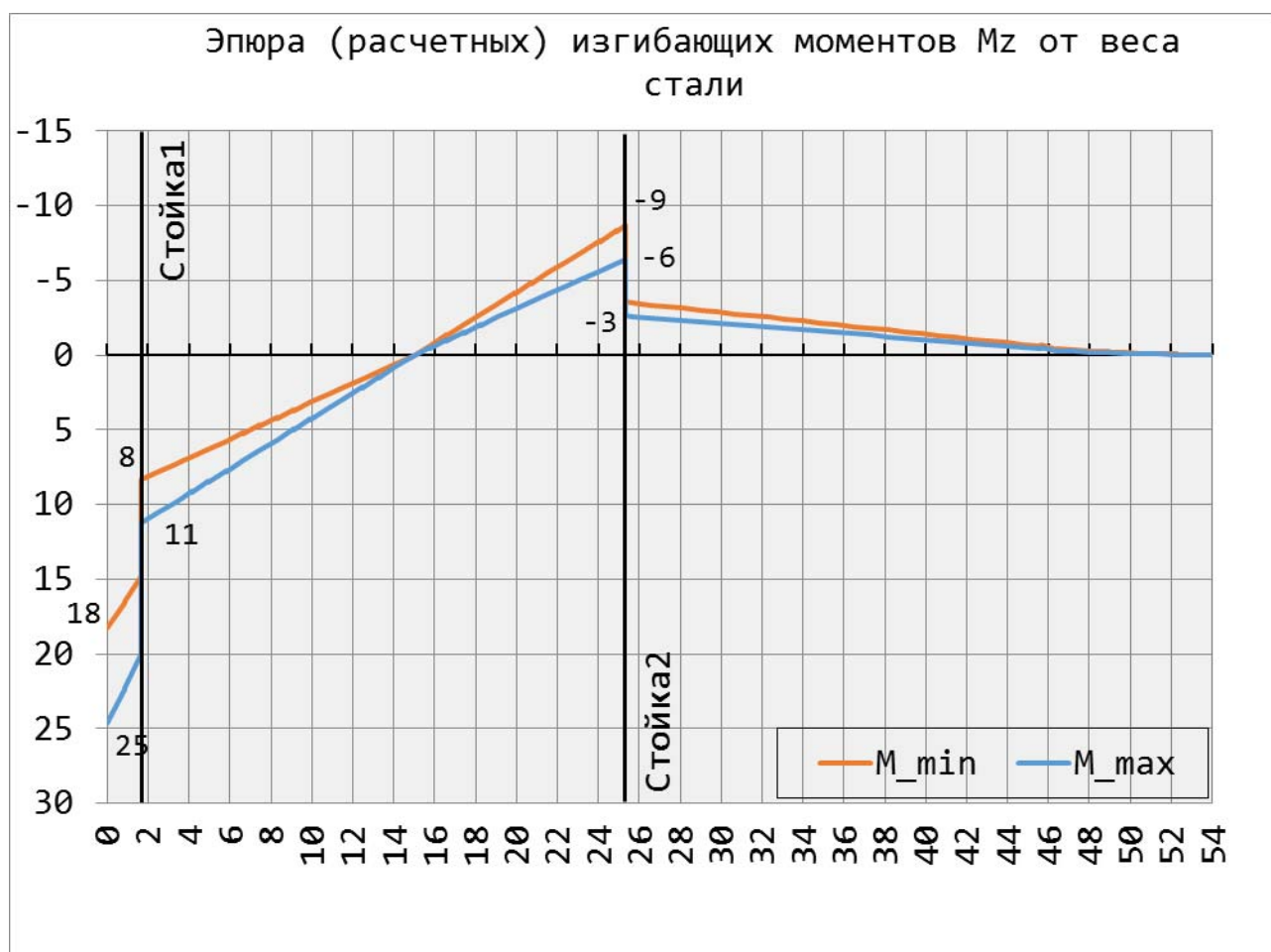
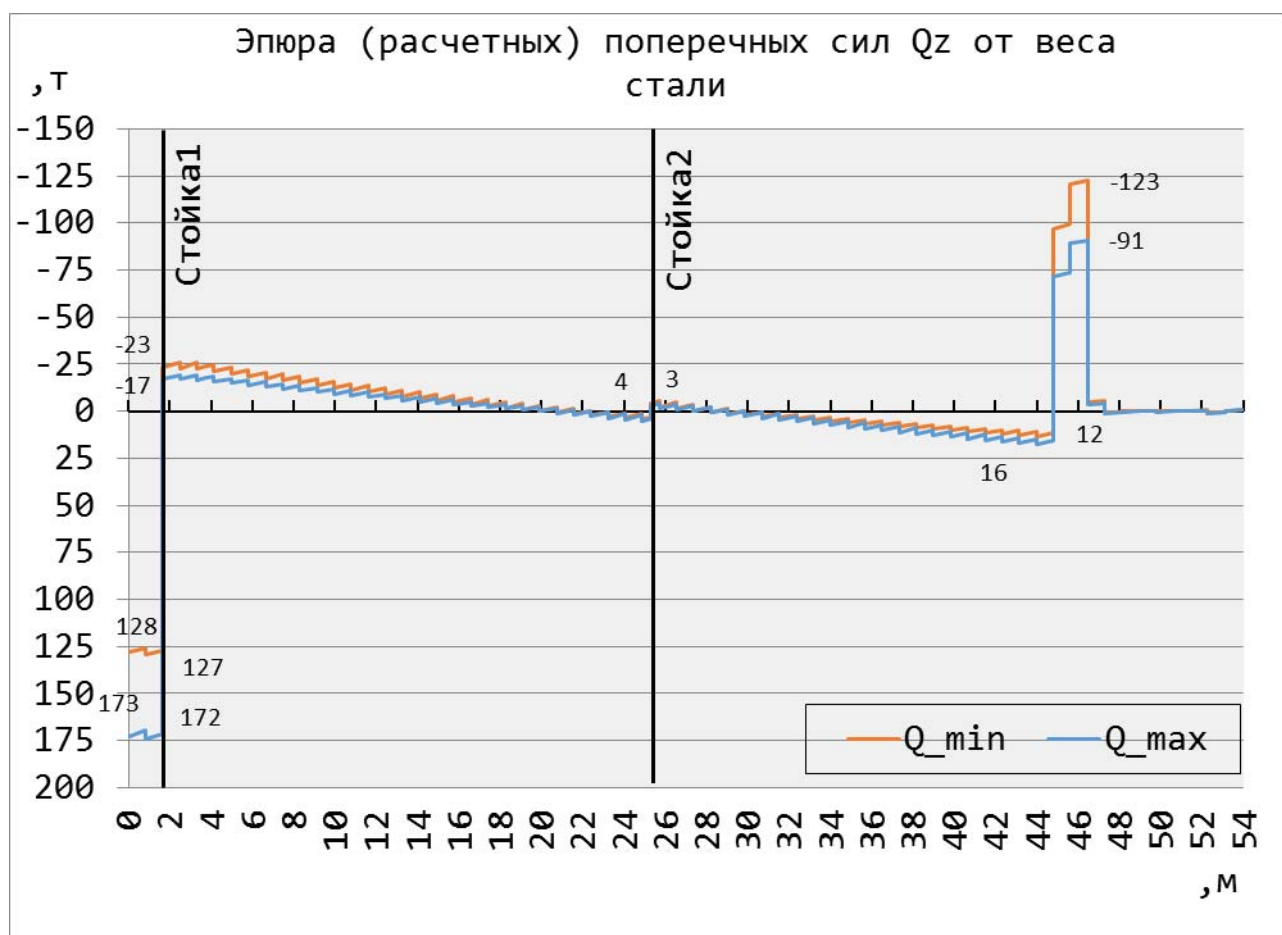
Эпюра (расчетных) поперечных сил Q_z от 2-стадии постоянных + транспортных нагрузок



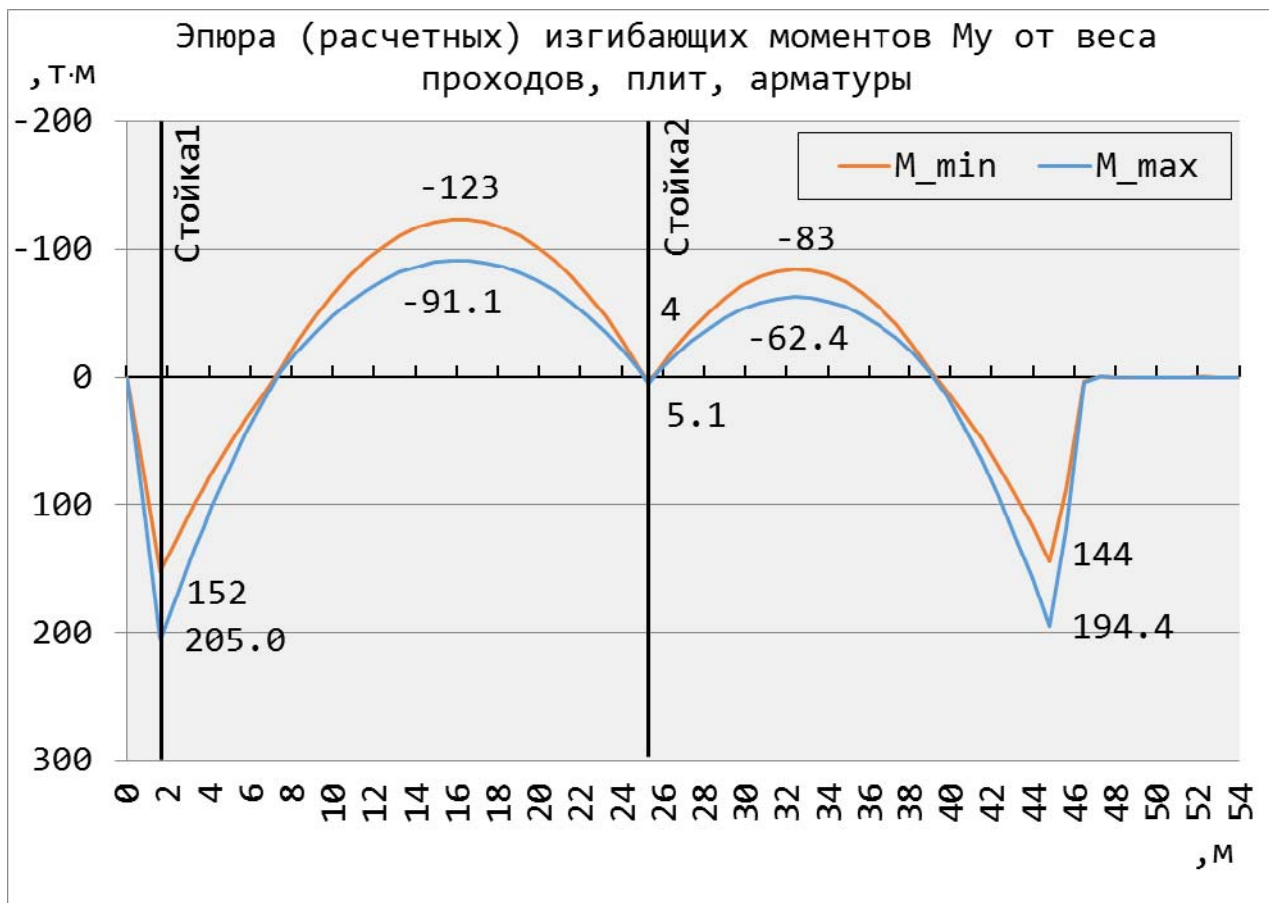
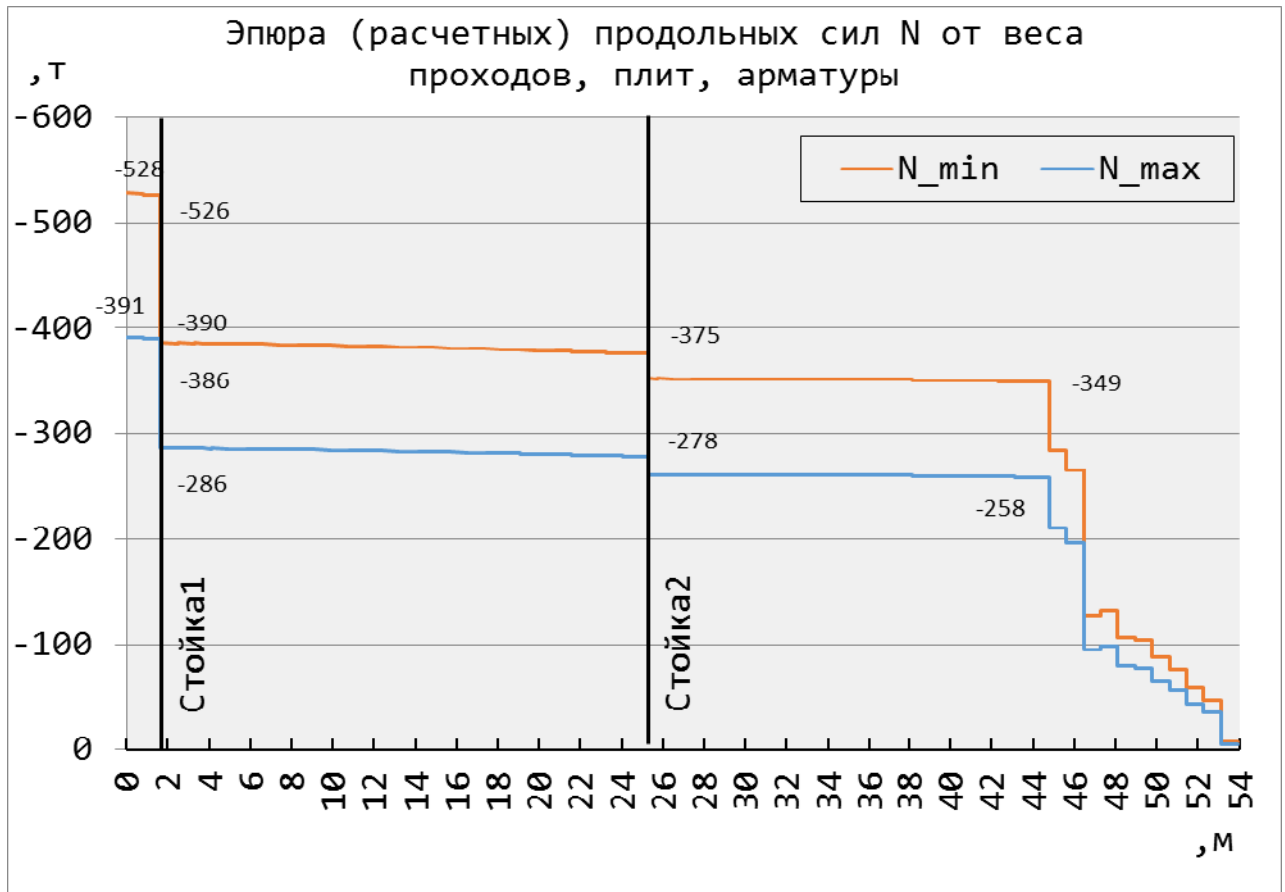
5.3 ძალები თაღში

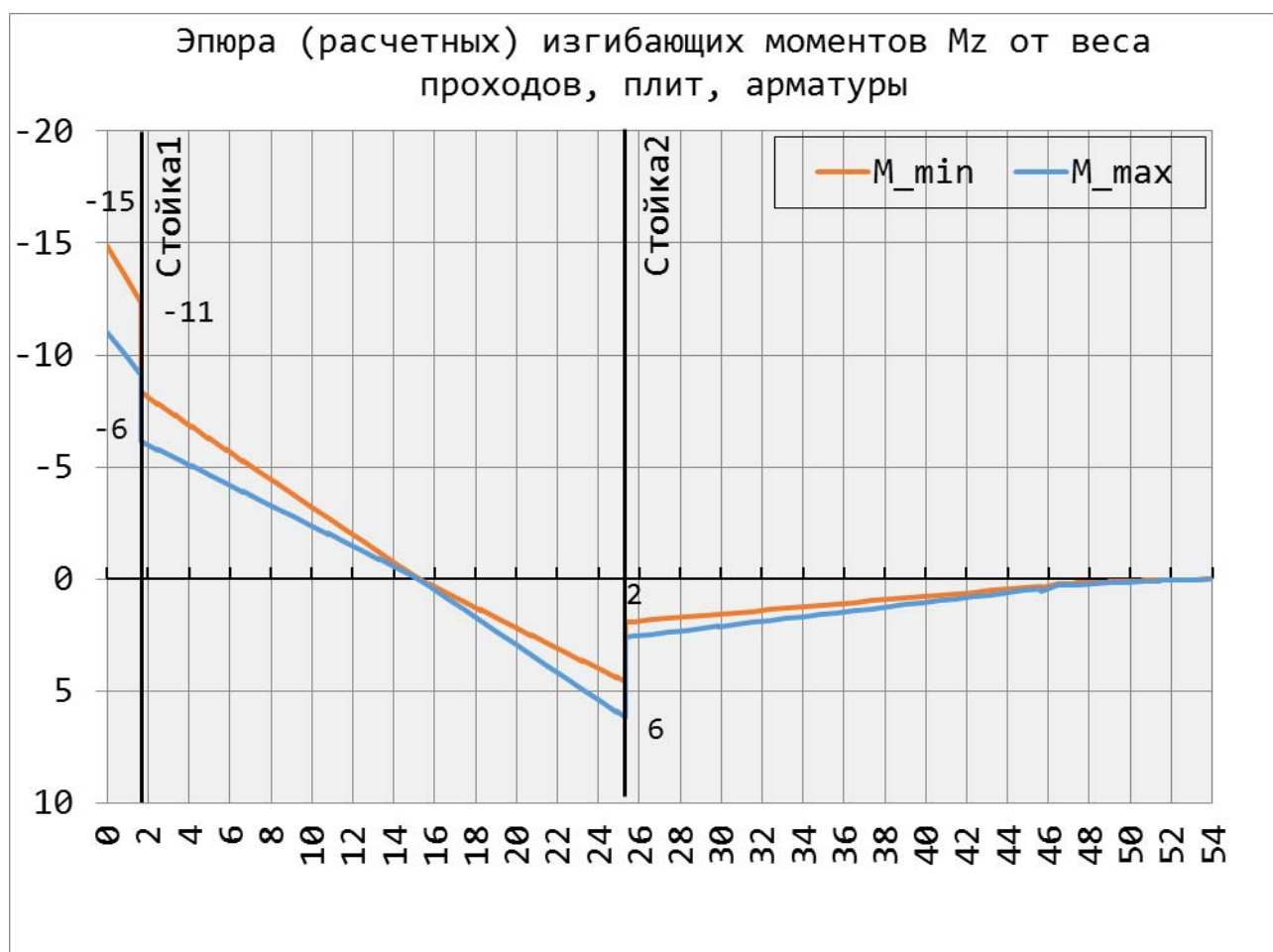
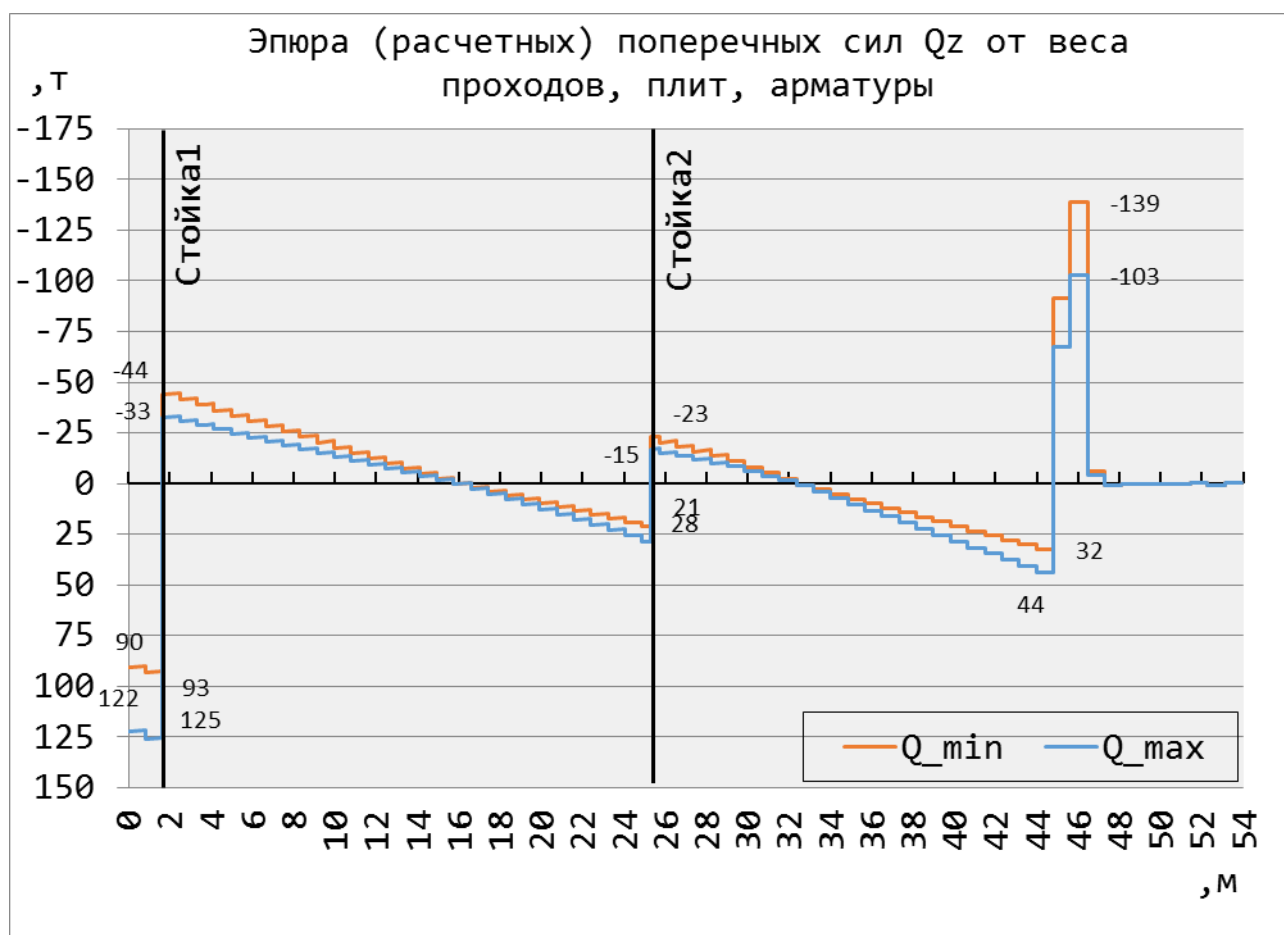
5.3.1 ეპიურები ფოლადის წონისაგან



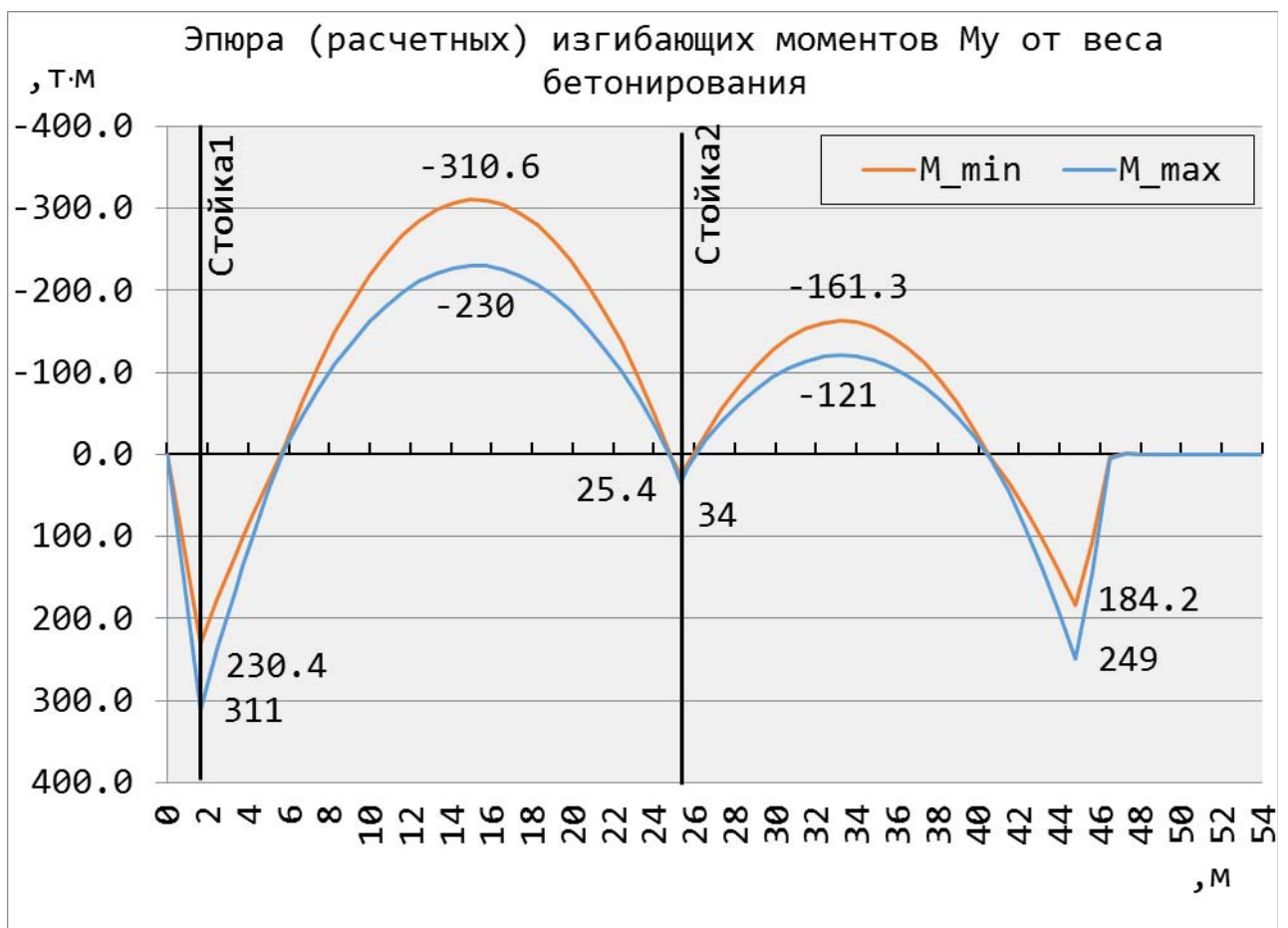
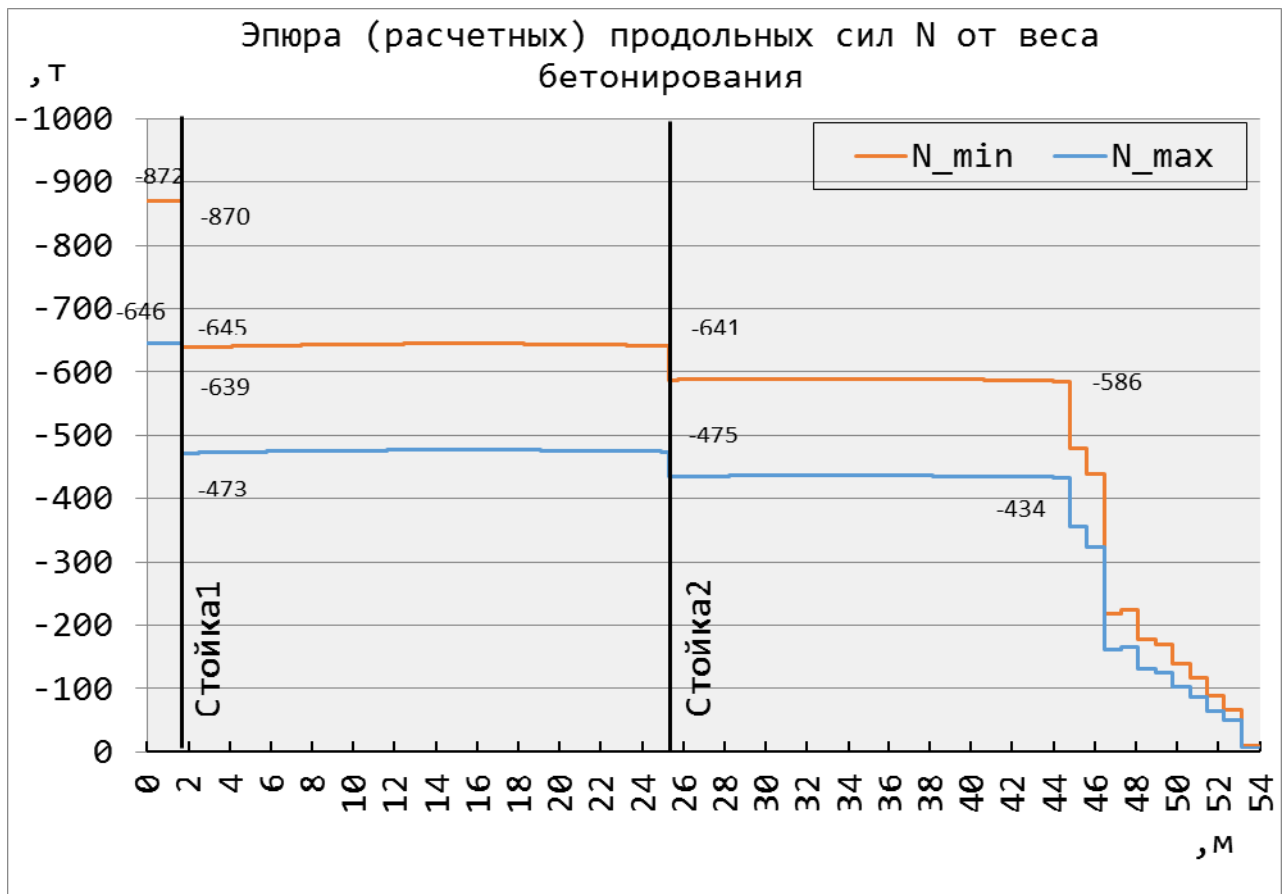


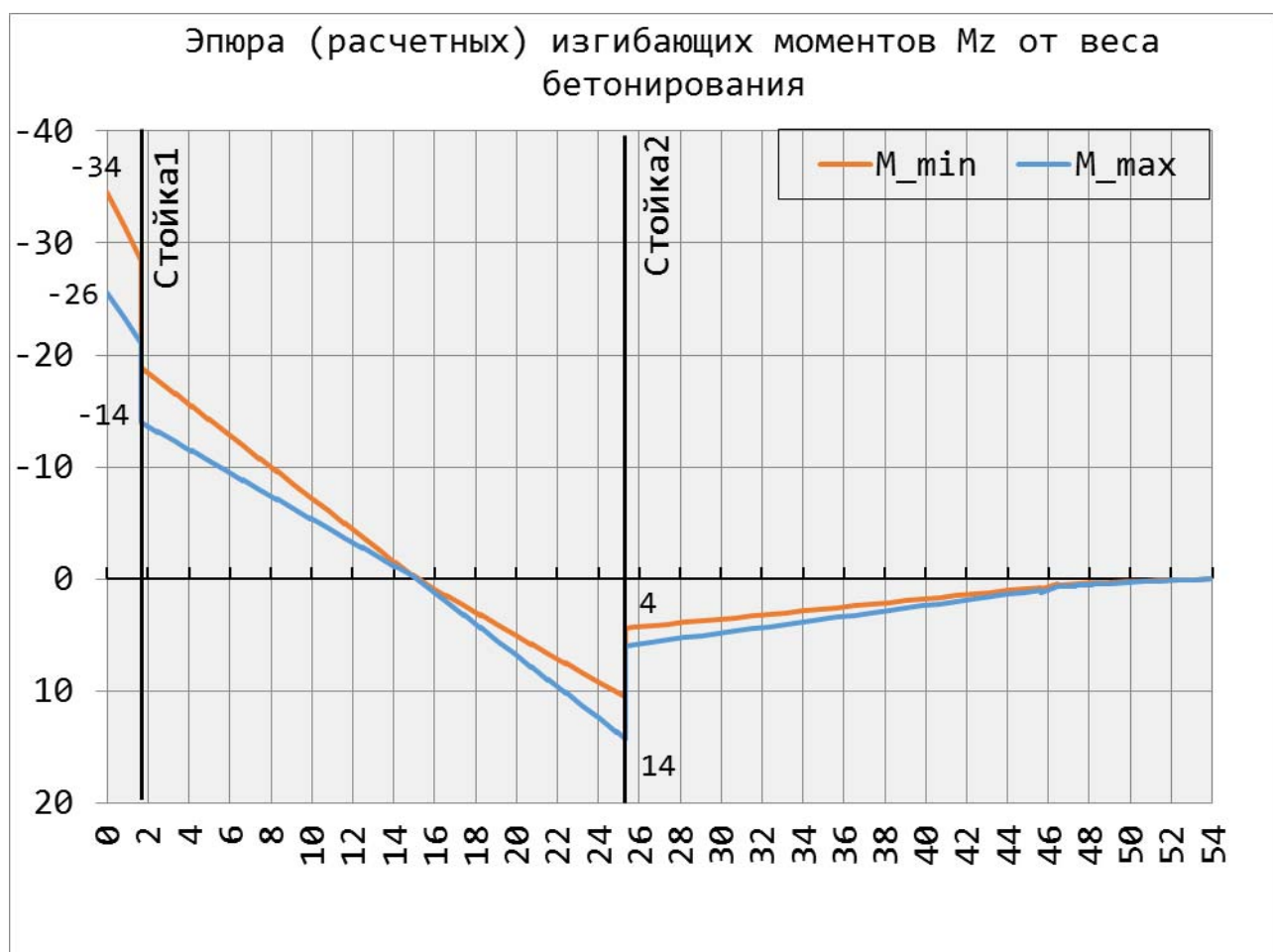
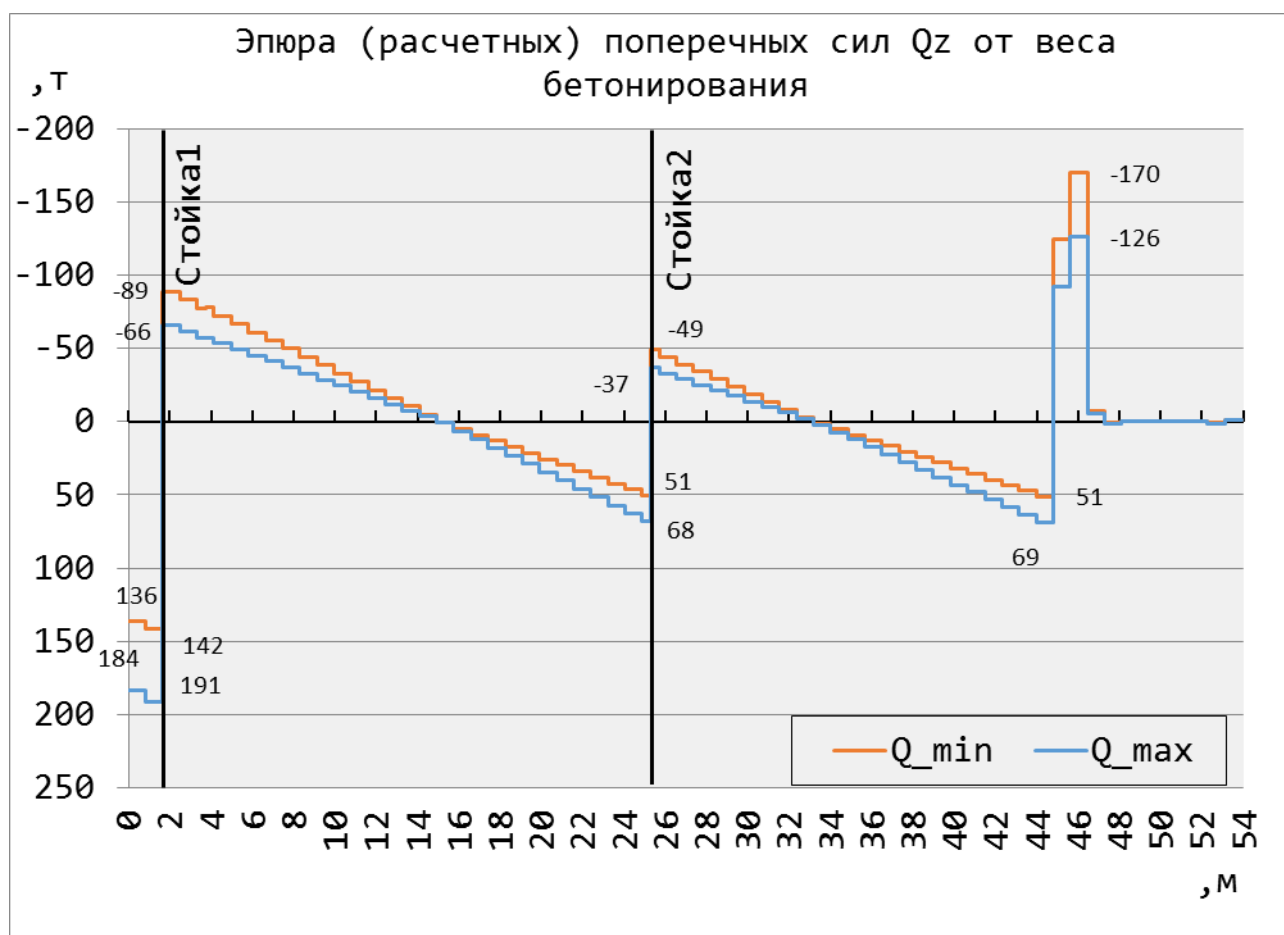
5.3.2 ეპიურები გასასვლელების, ანაკრები ფილების და არმატურის წონისაგან



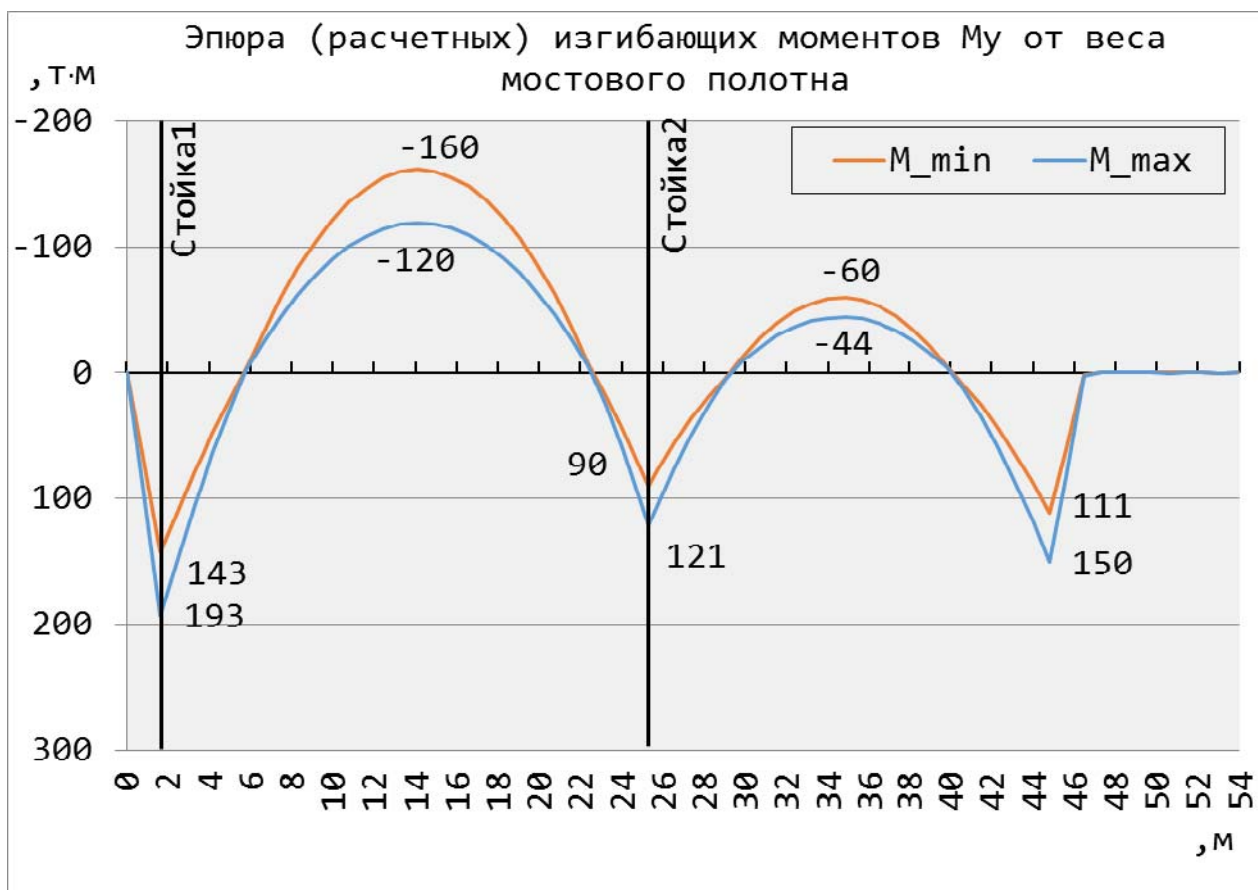
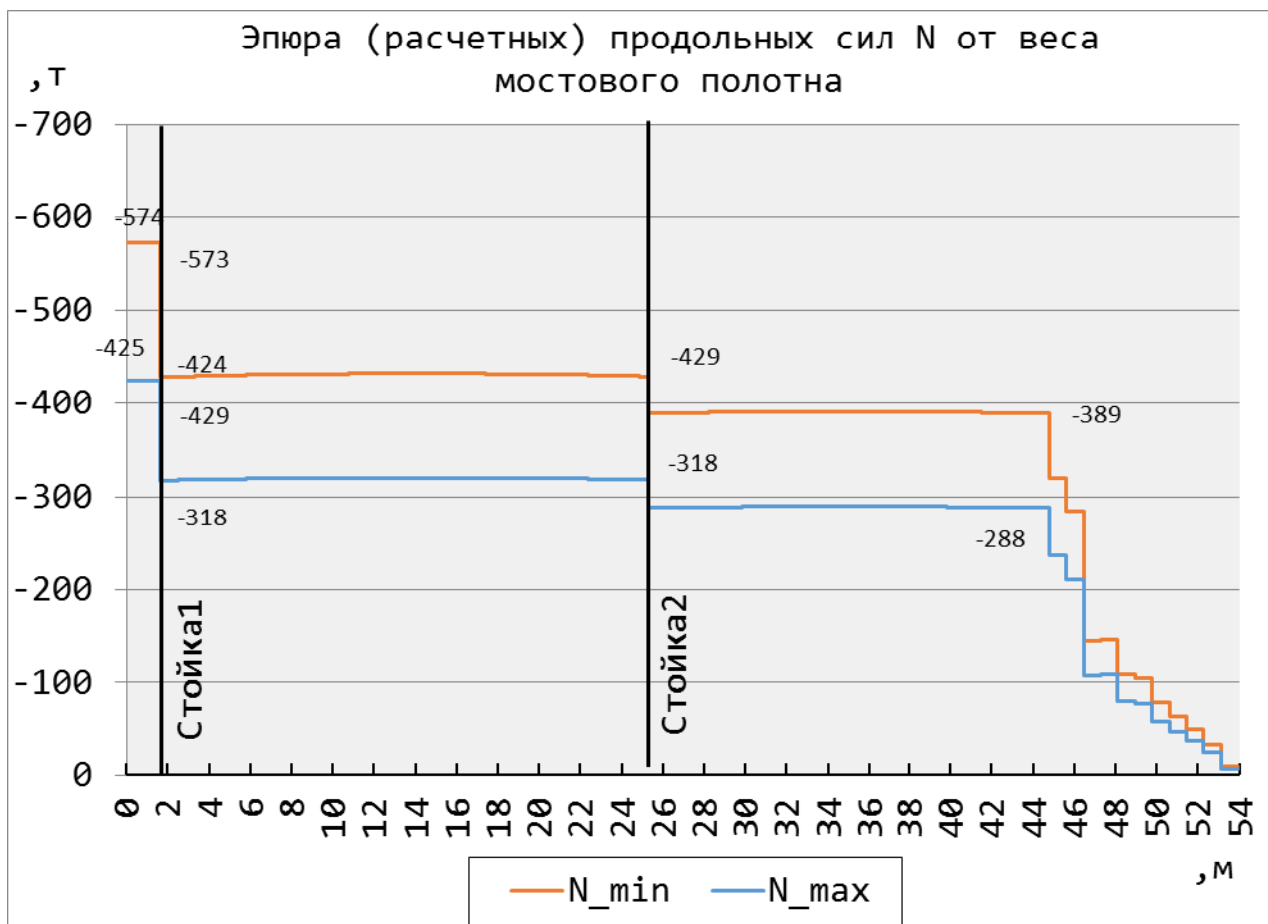


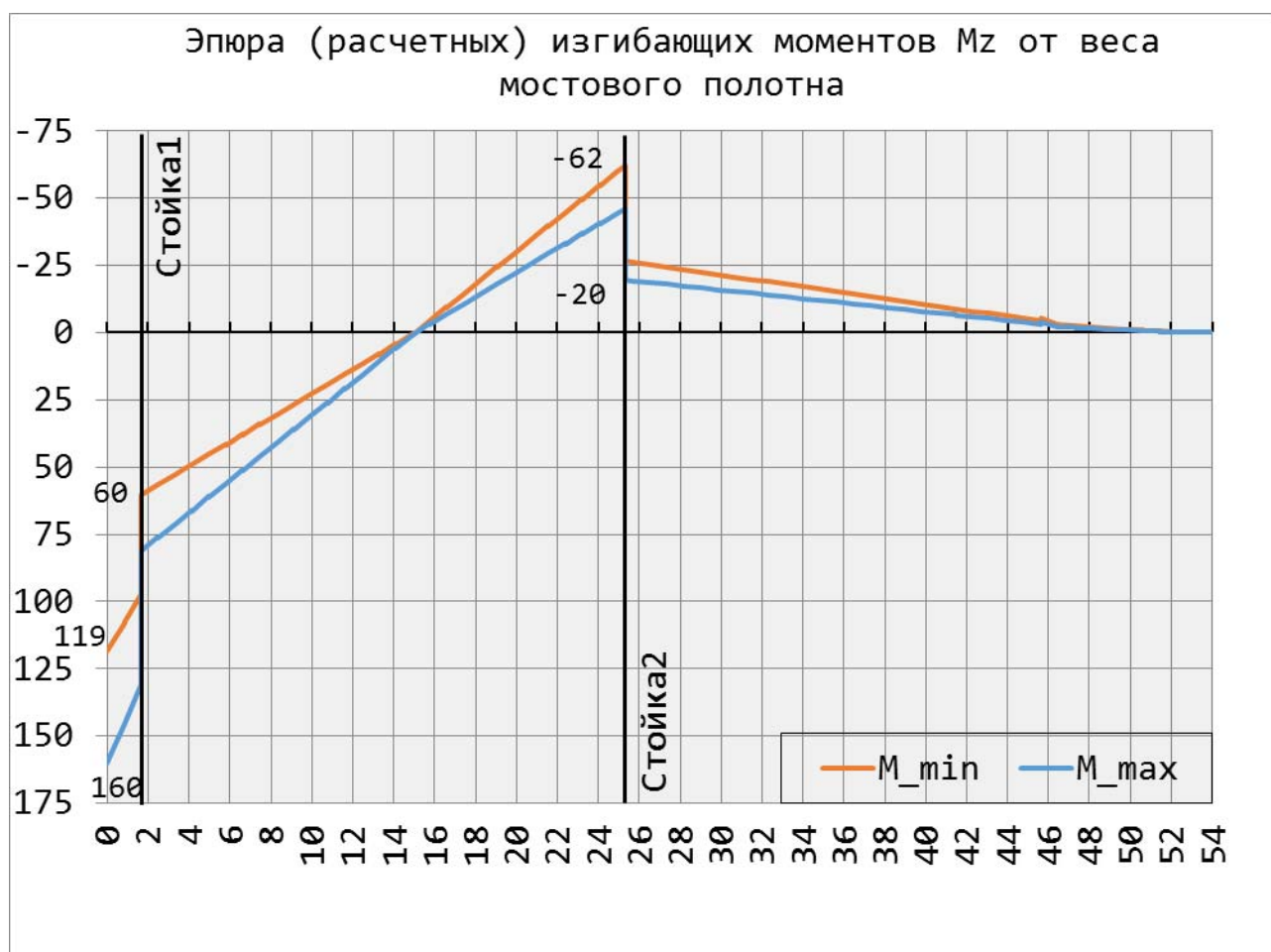
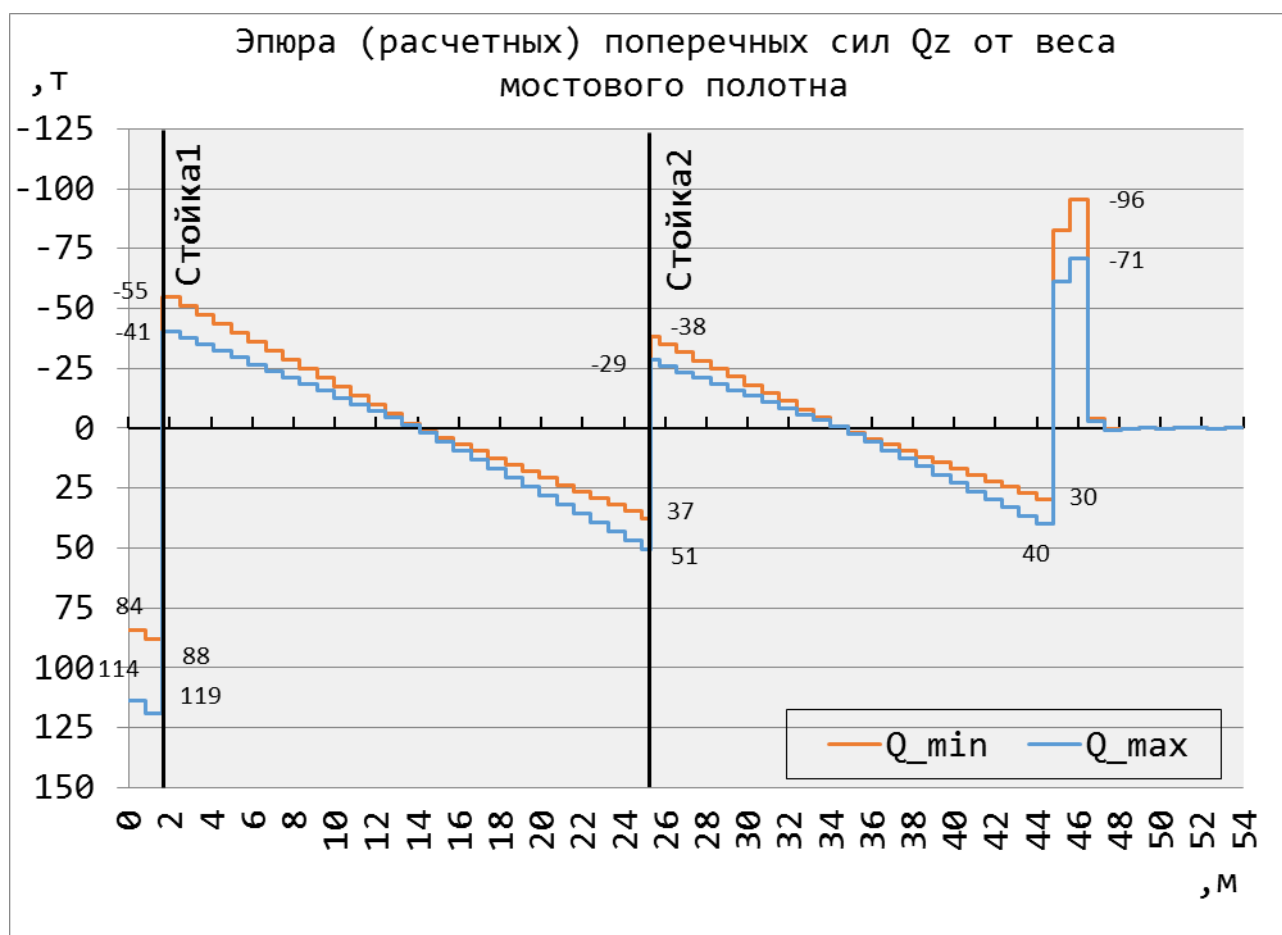
5.3.3 ეპიურები ბეტონის წონისაგან



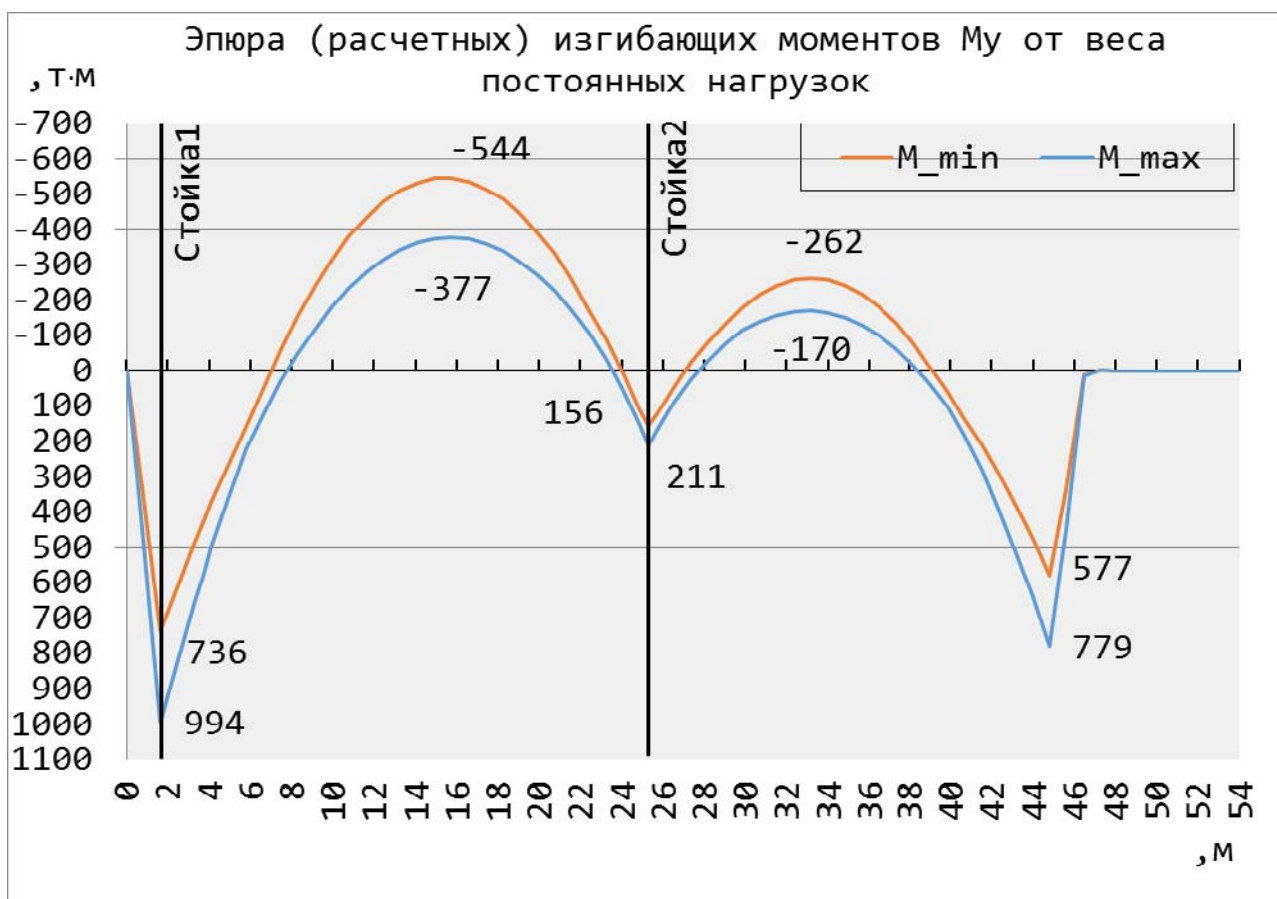
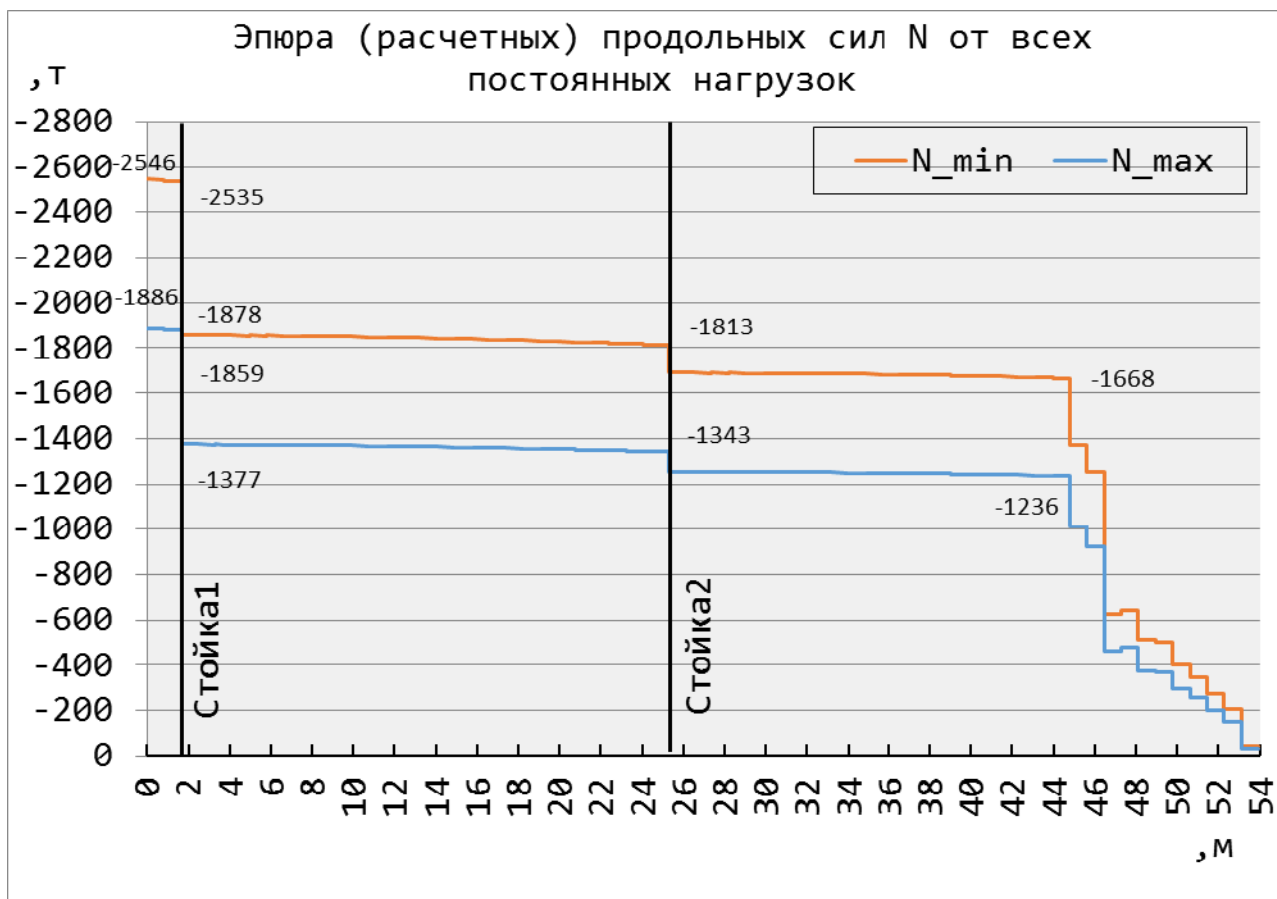


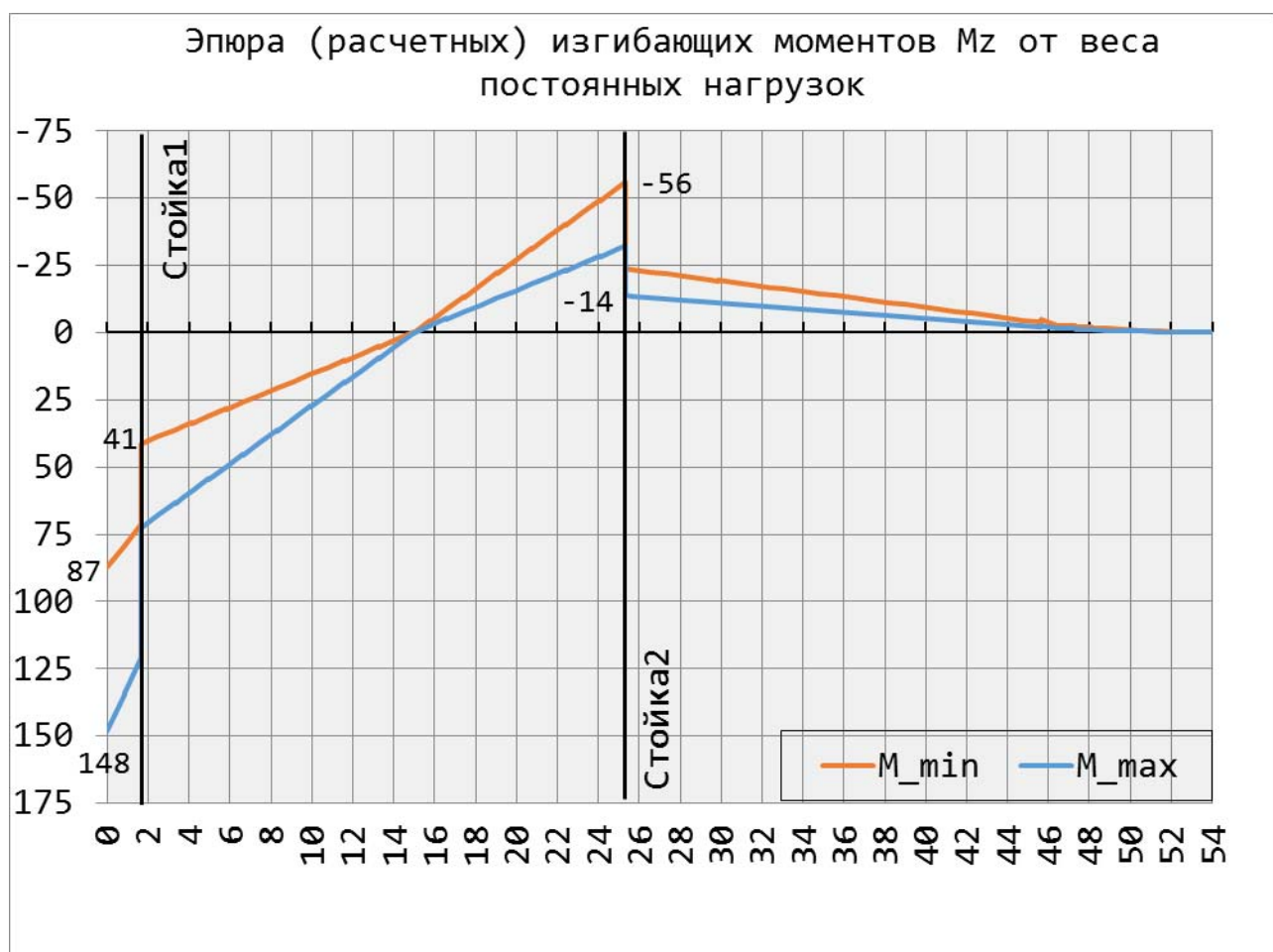
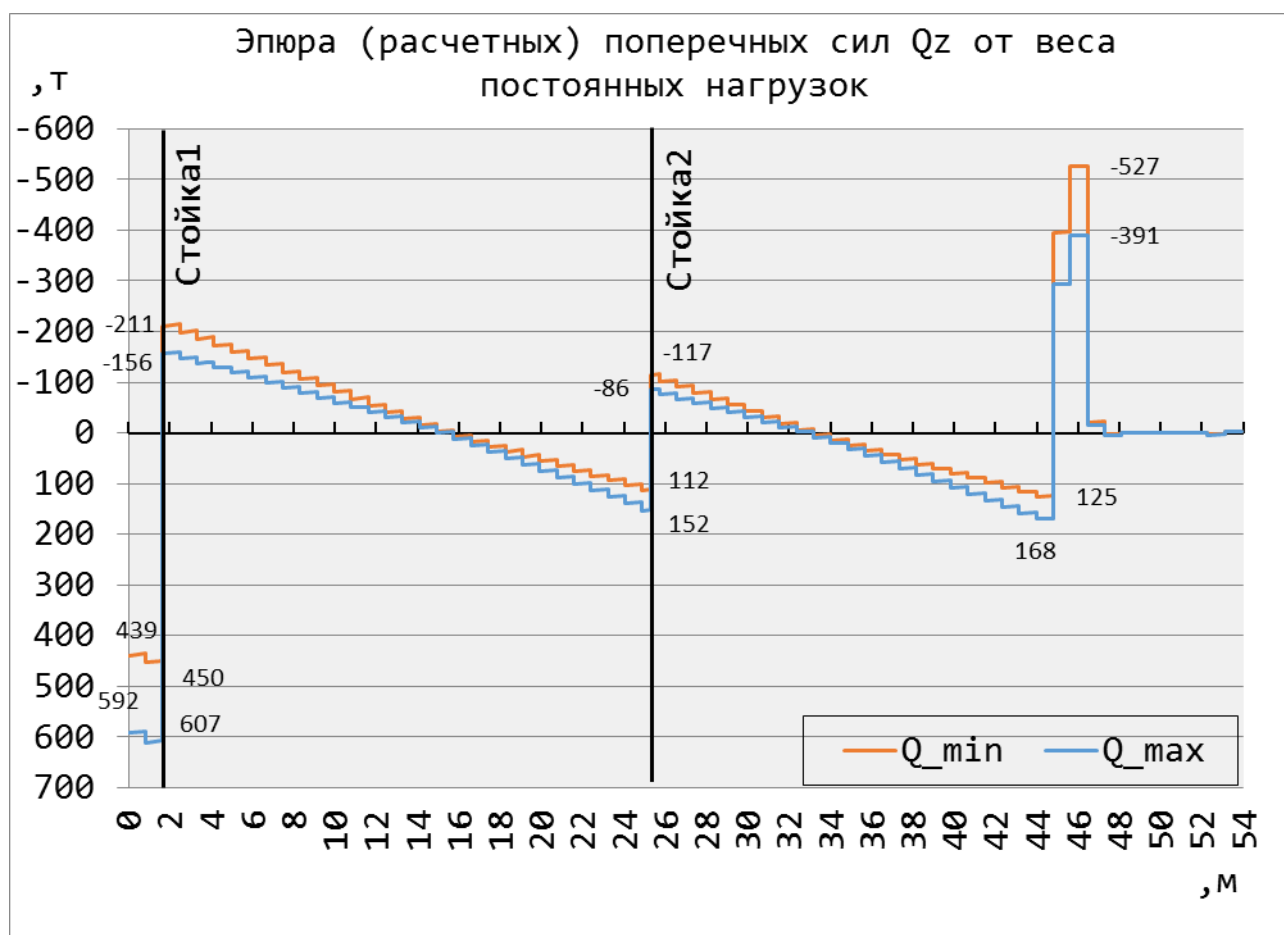
5.3.4 ეპიურები ხიდის ვაკისის წონისაგან



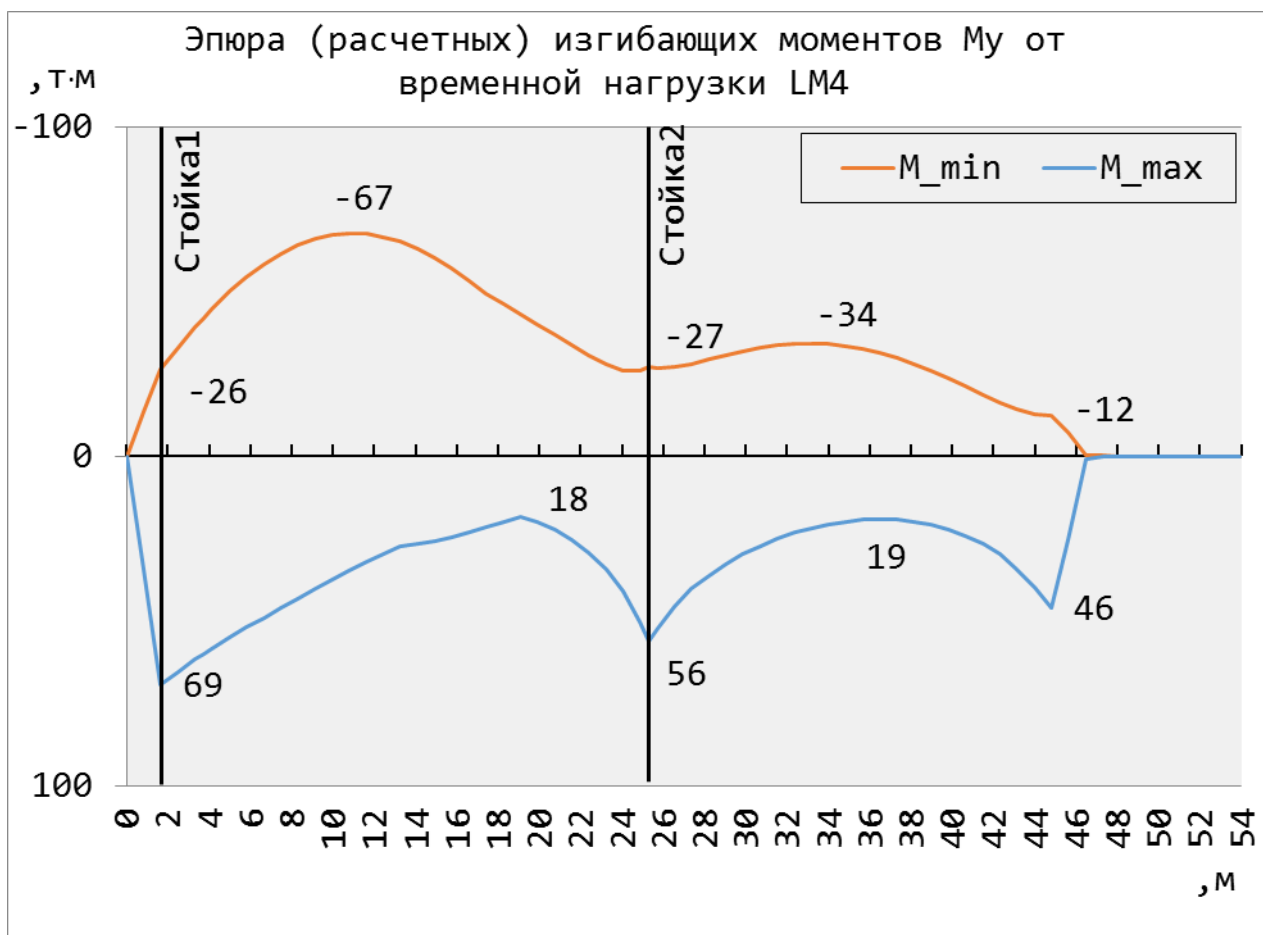
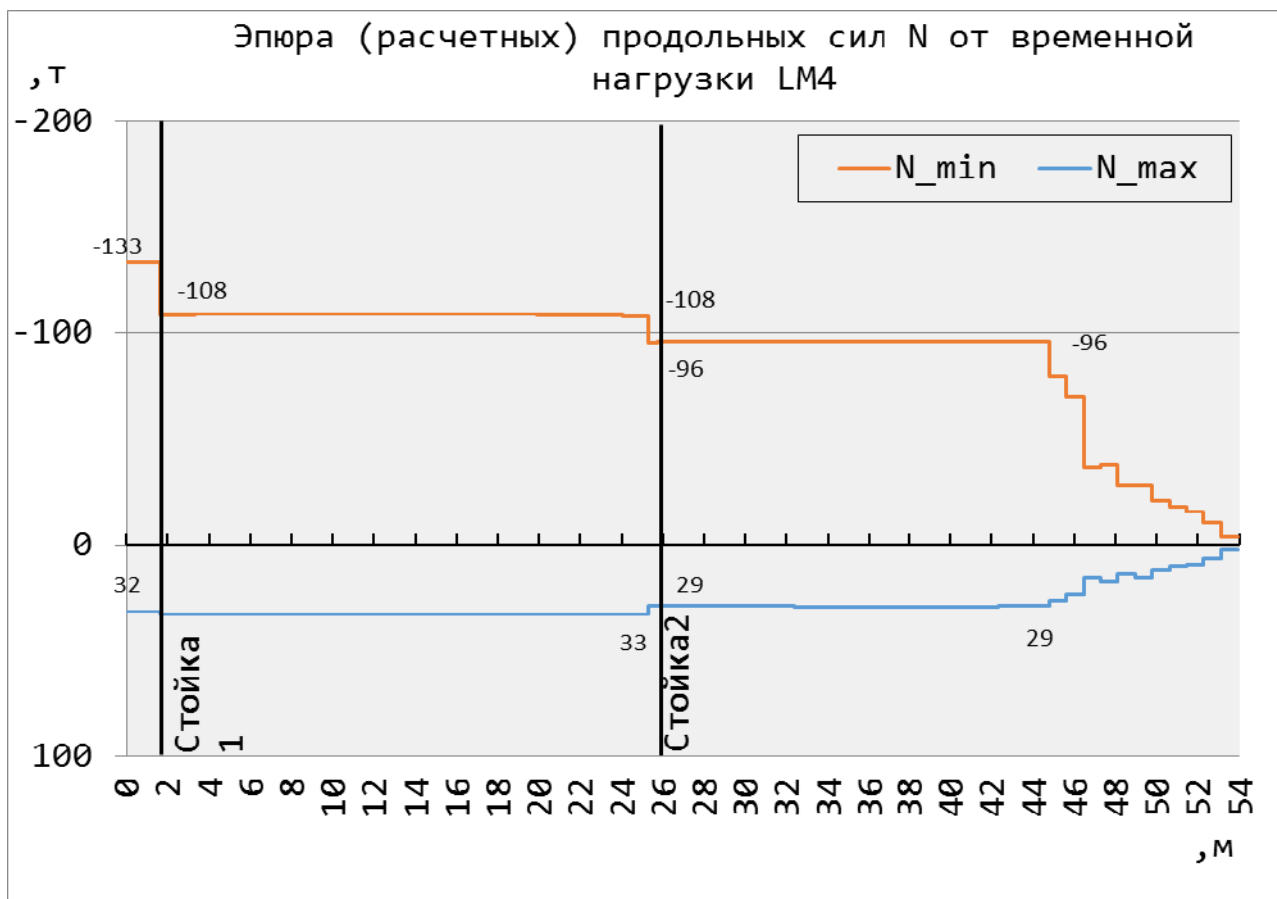


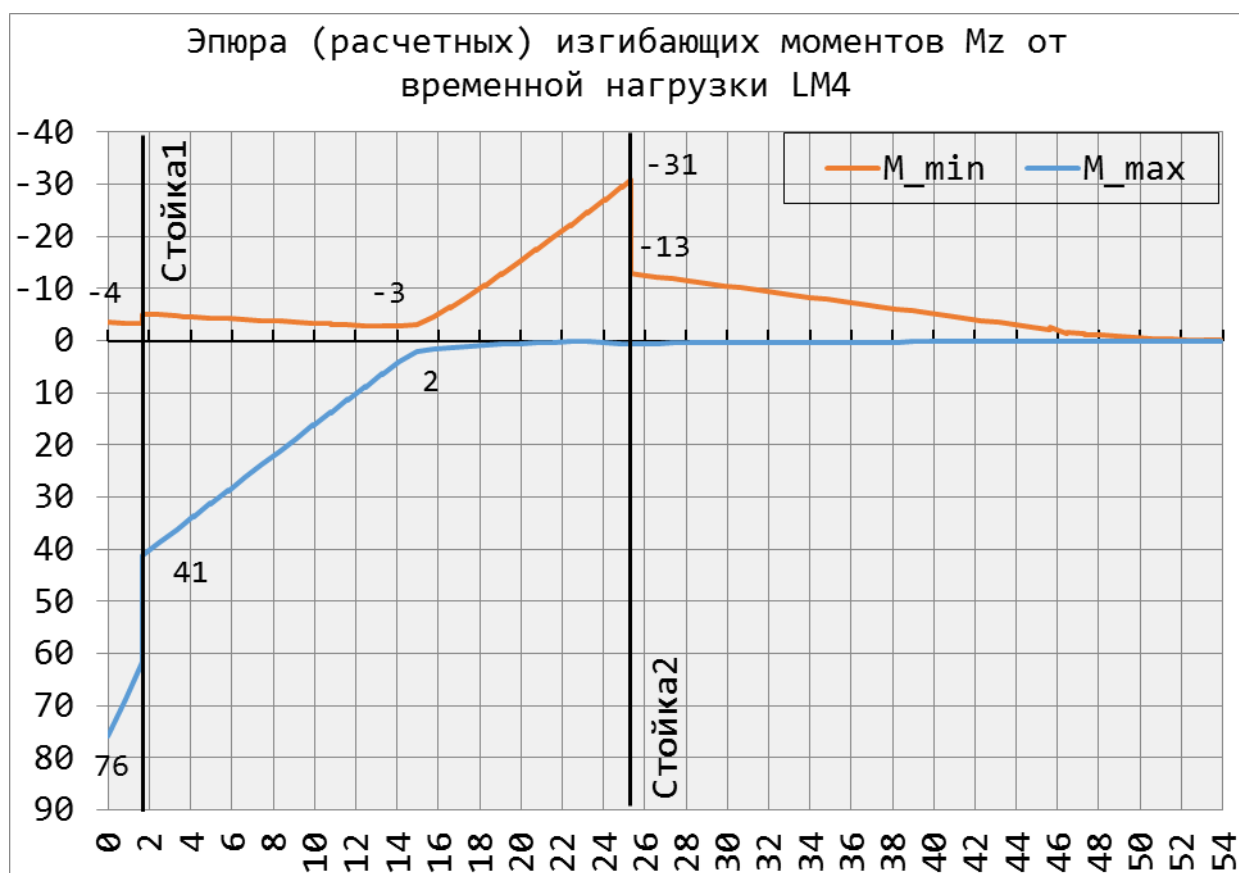
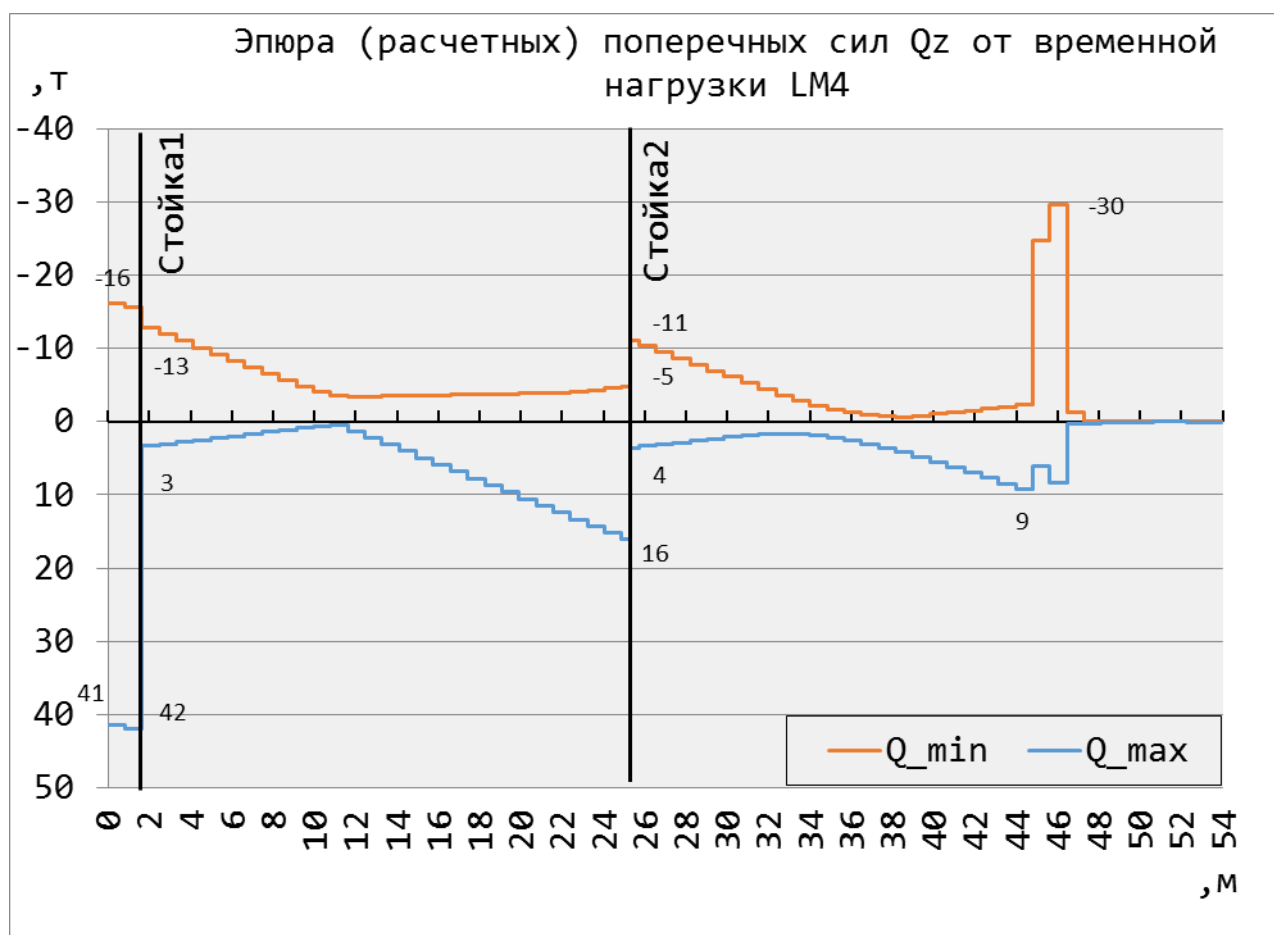
5.3.5 ეპიურები ყველა მუდმივი დატვირთვებისგან



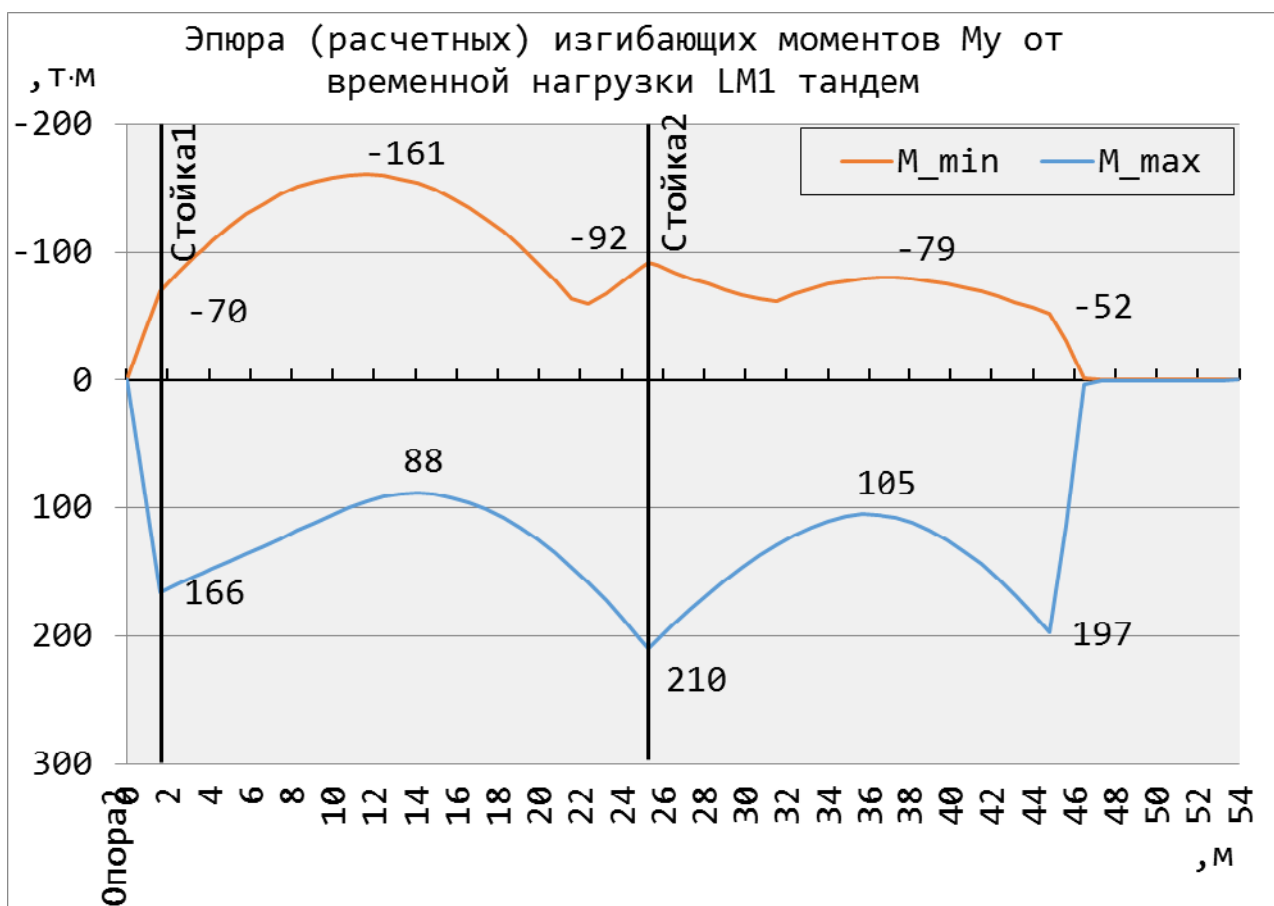
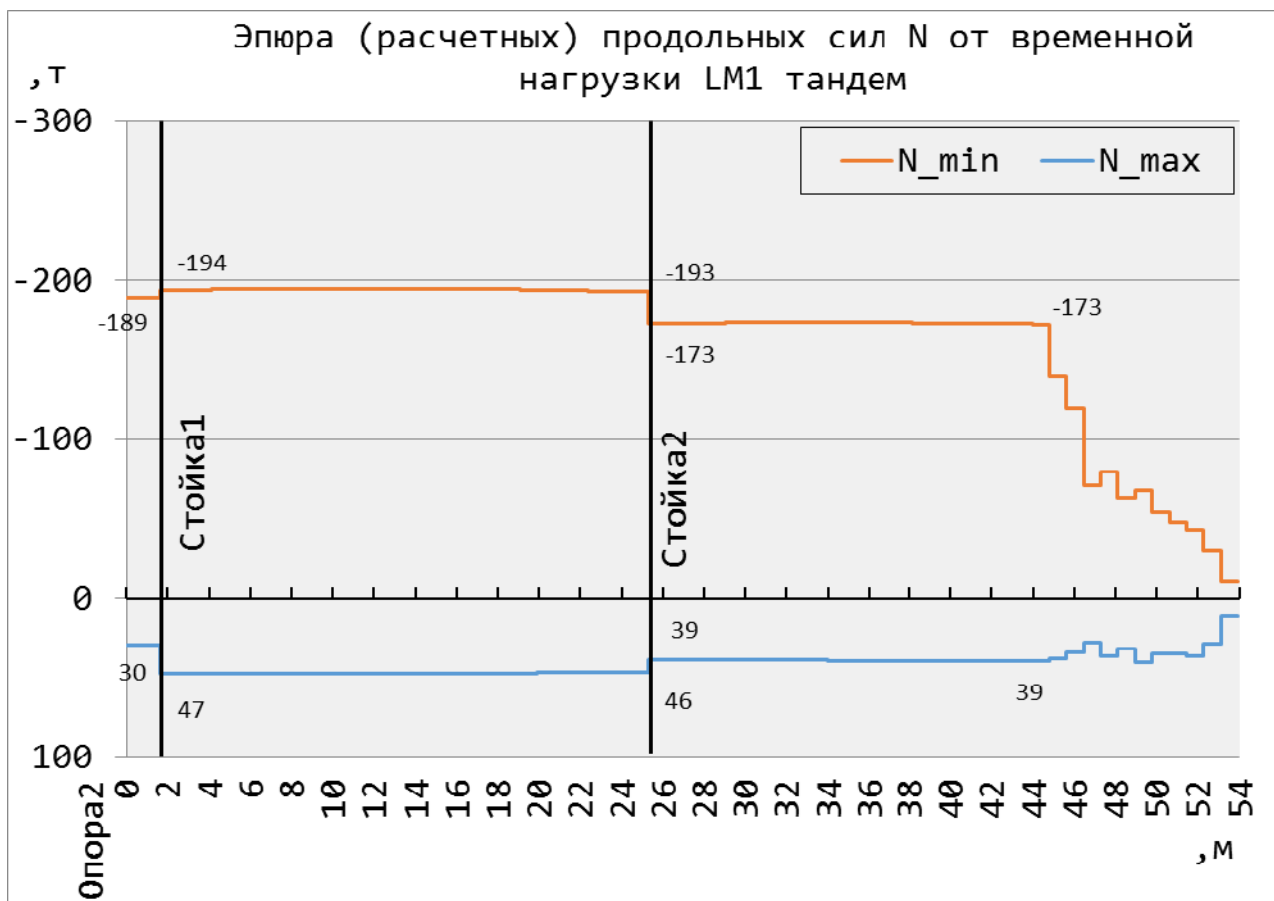


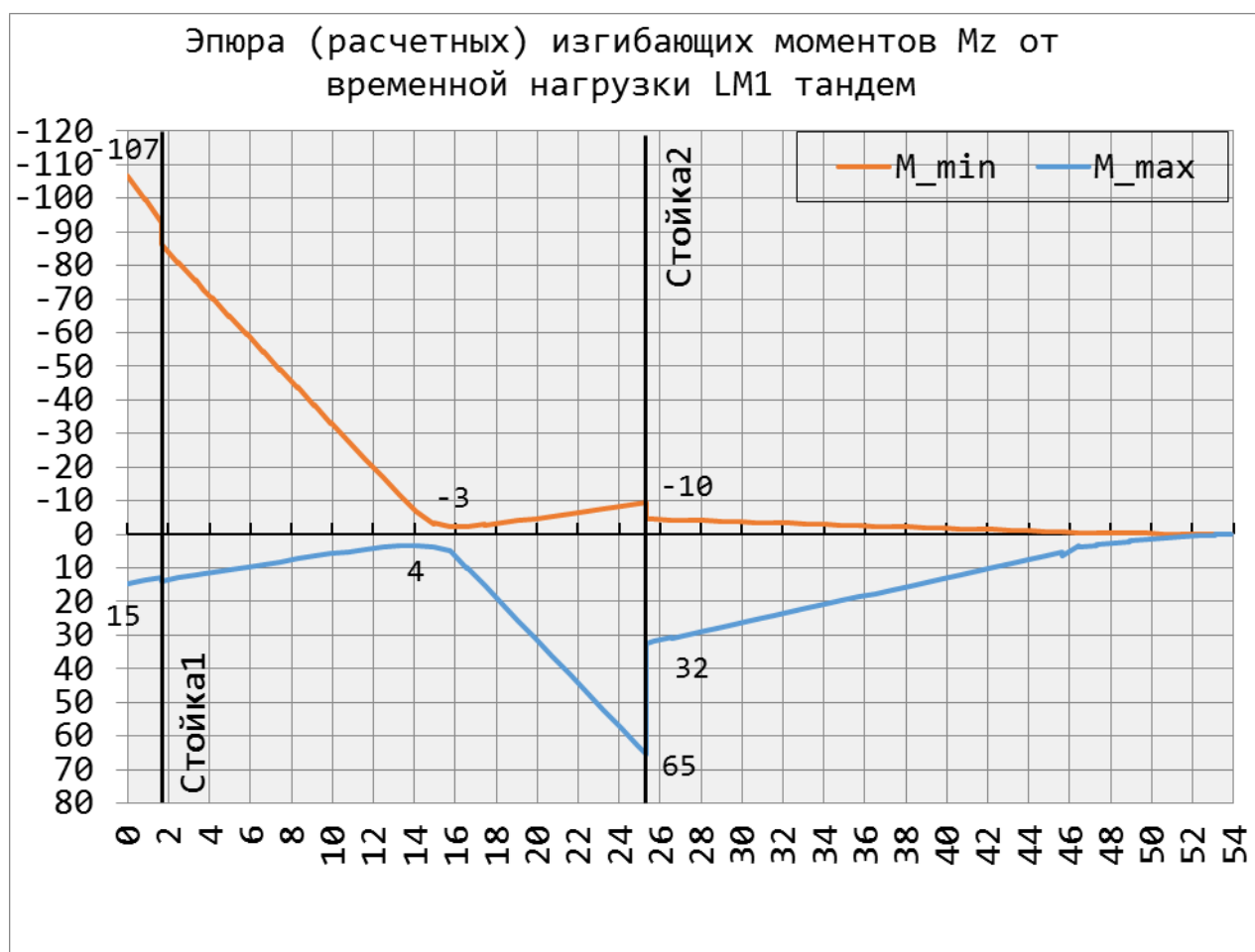
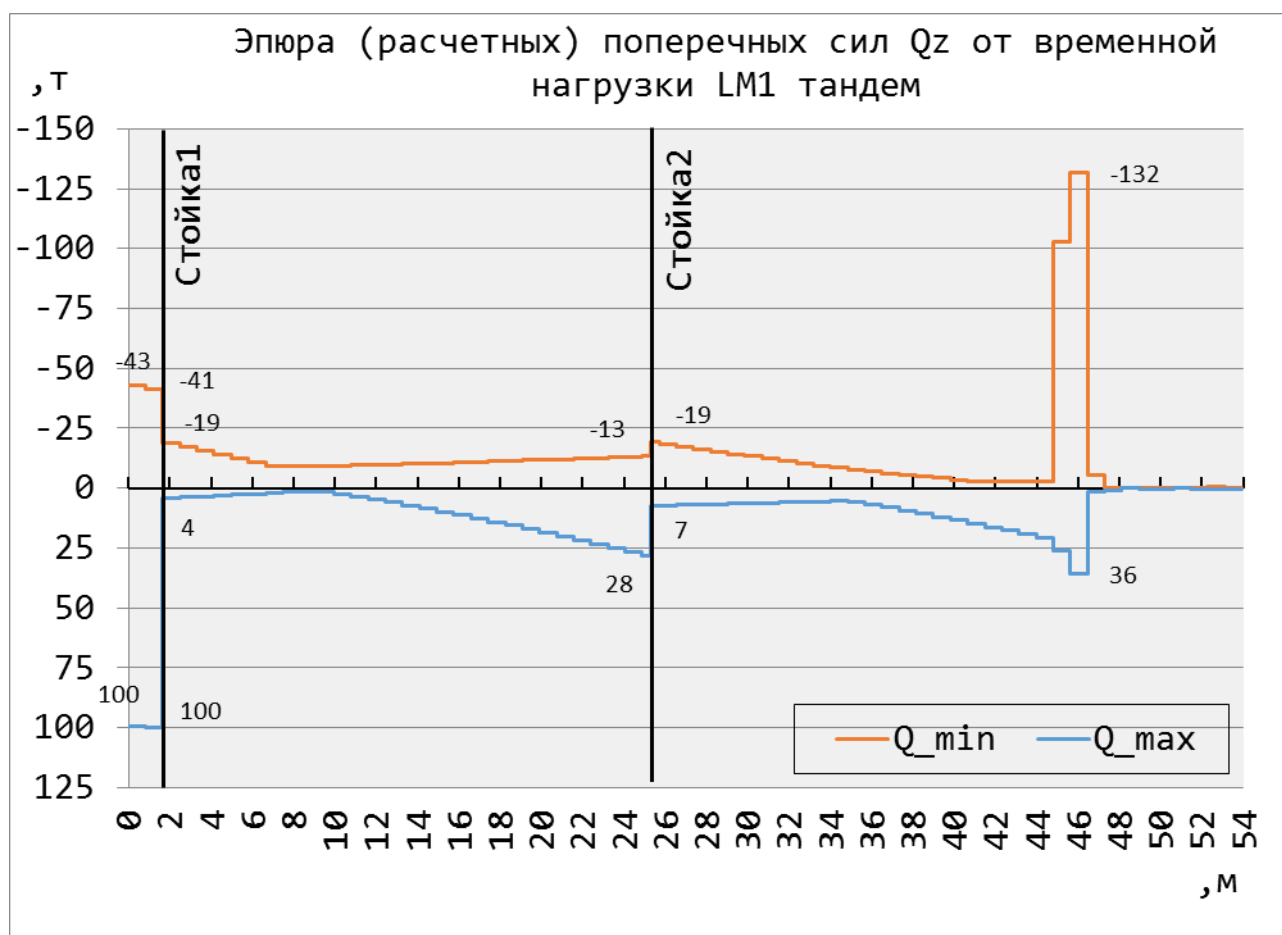
5.3.6 ეპიურები ფეხით მოსიარულეთაგან LM4



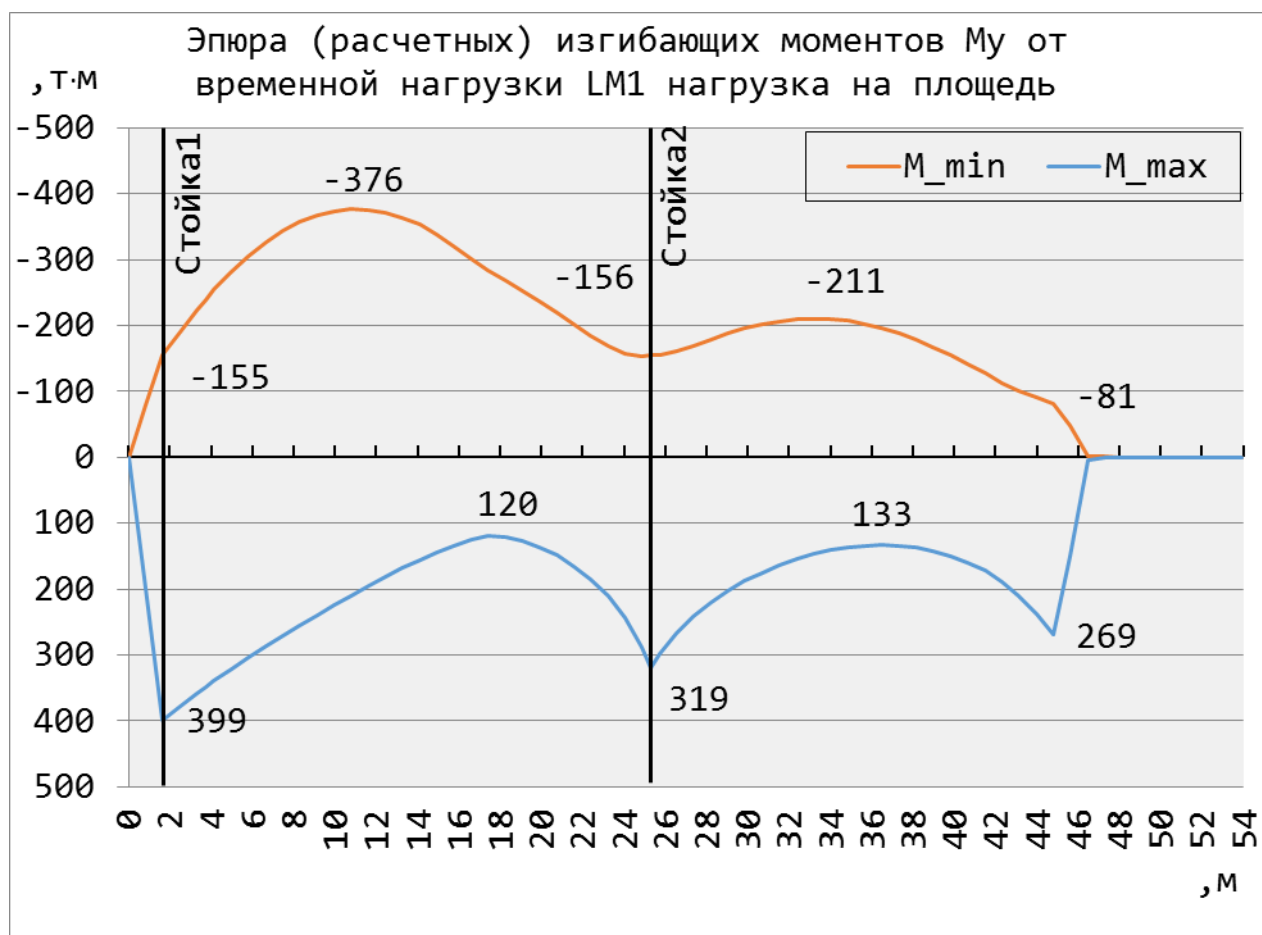
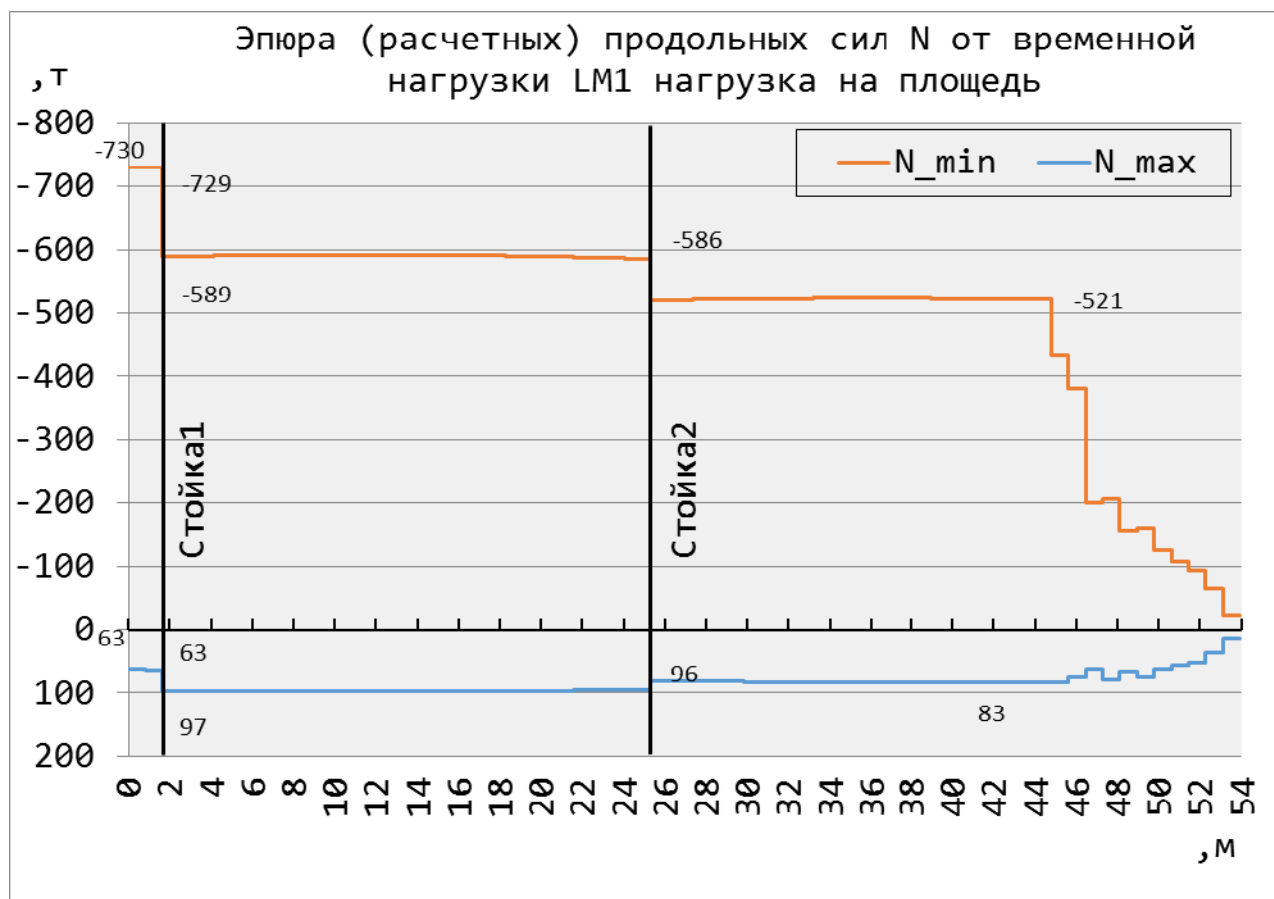


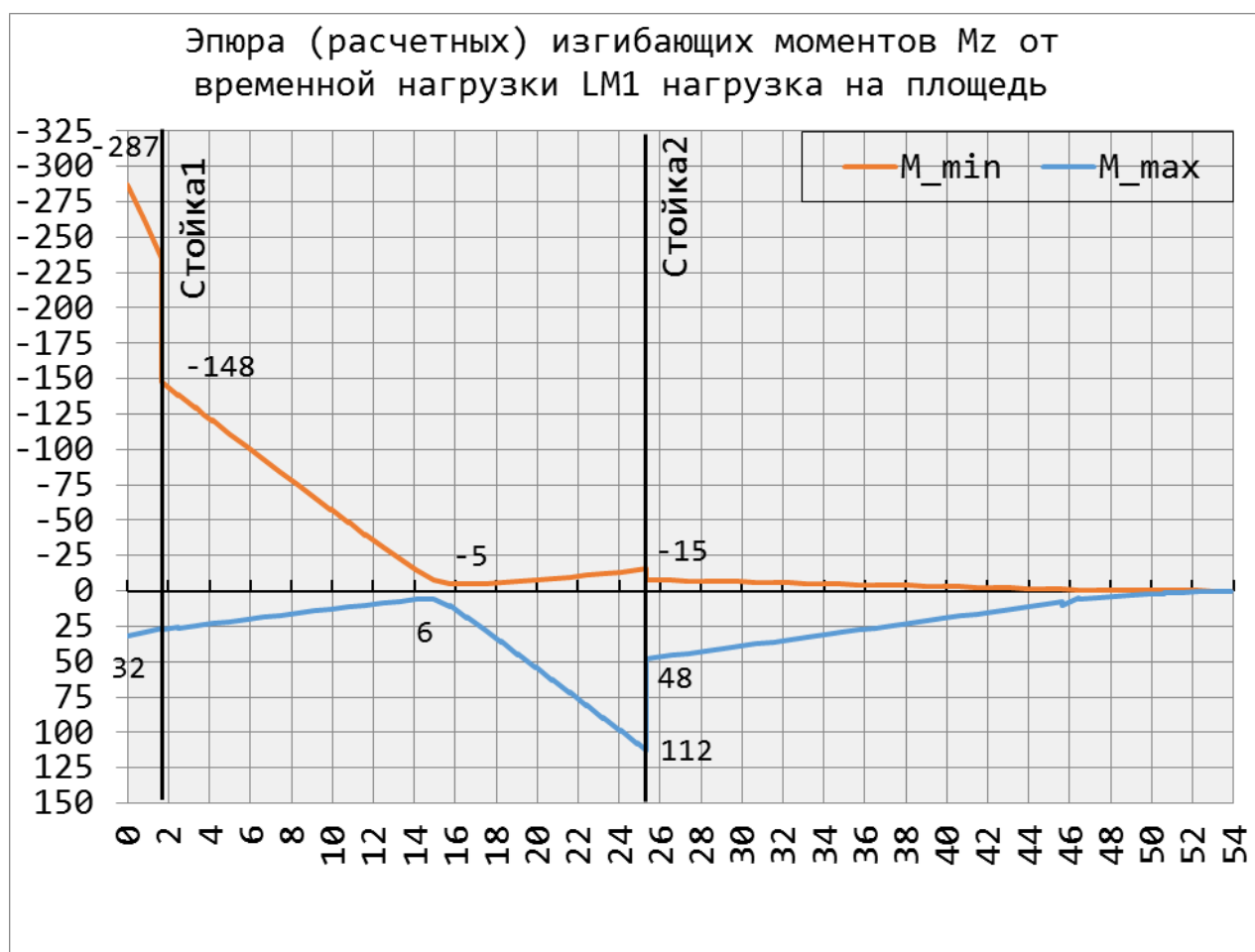
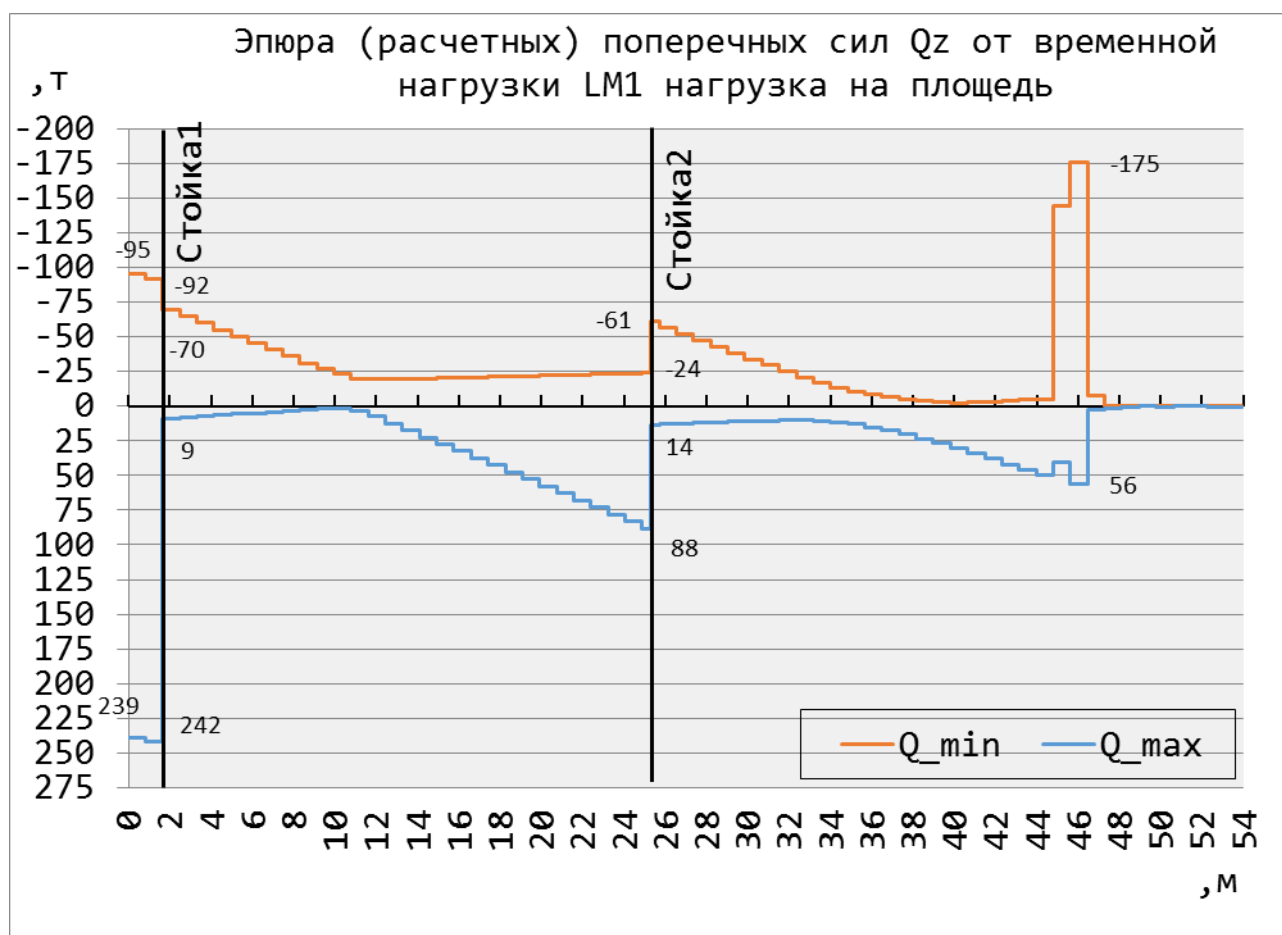
5.3.7 ეპიურები ტანდემისაგან LM1



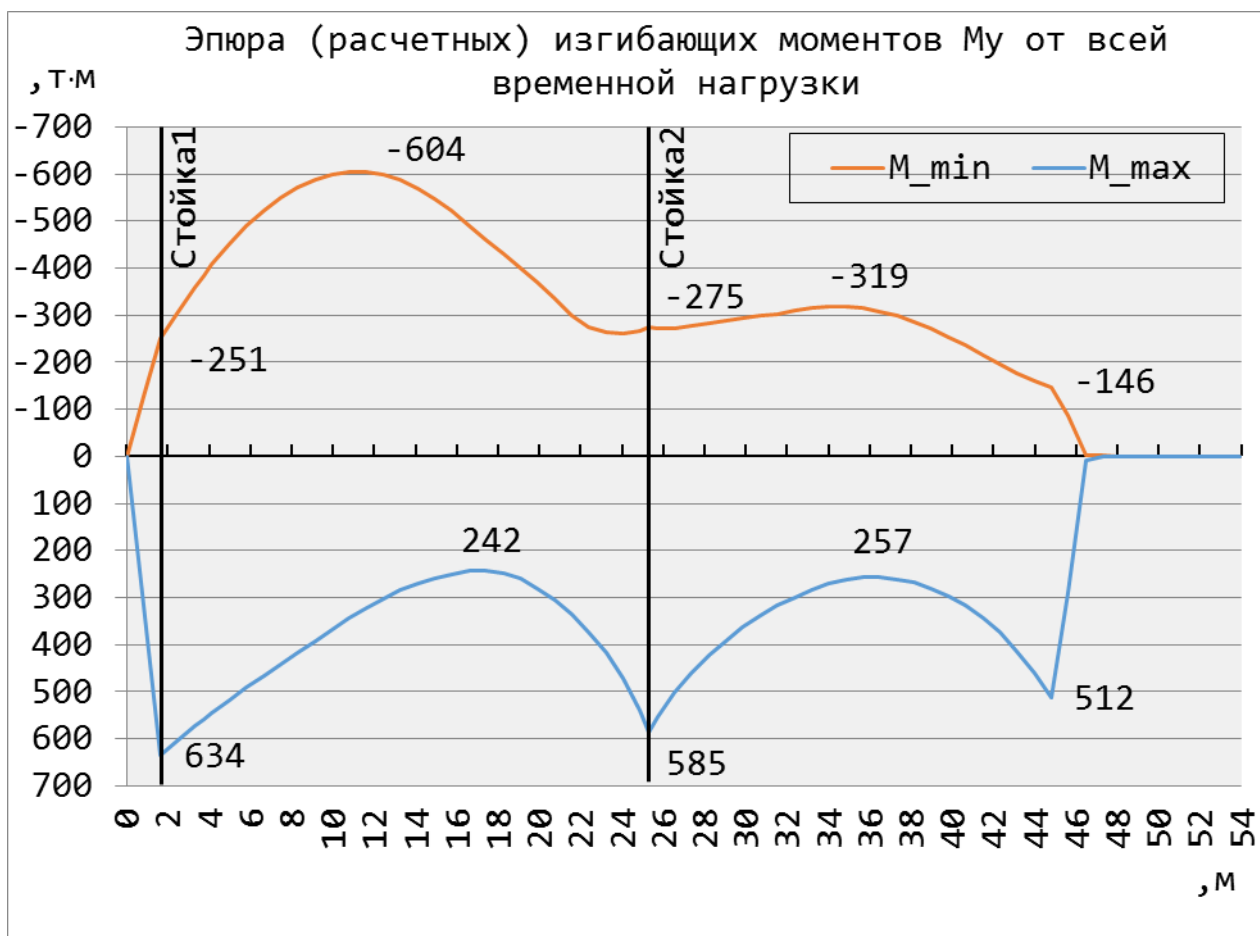
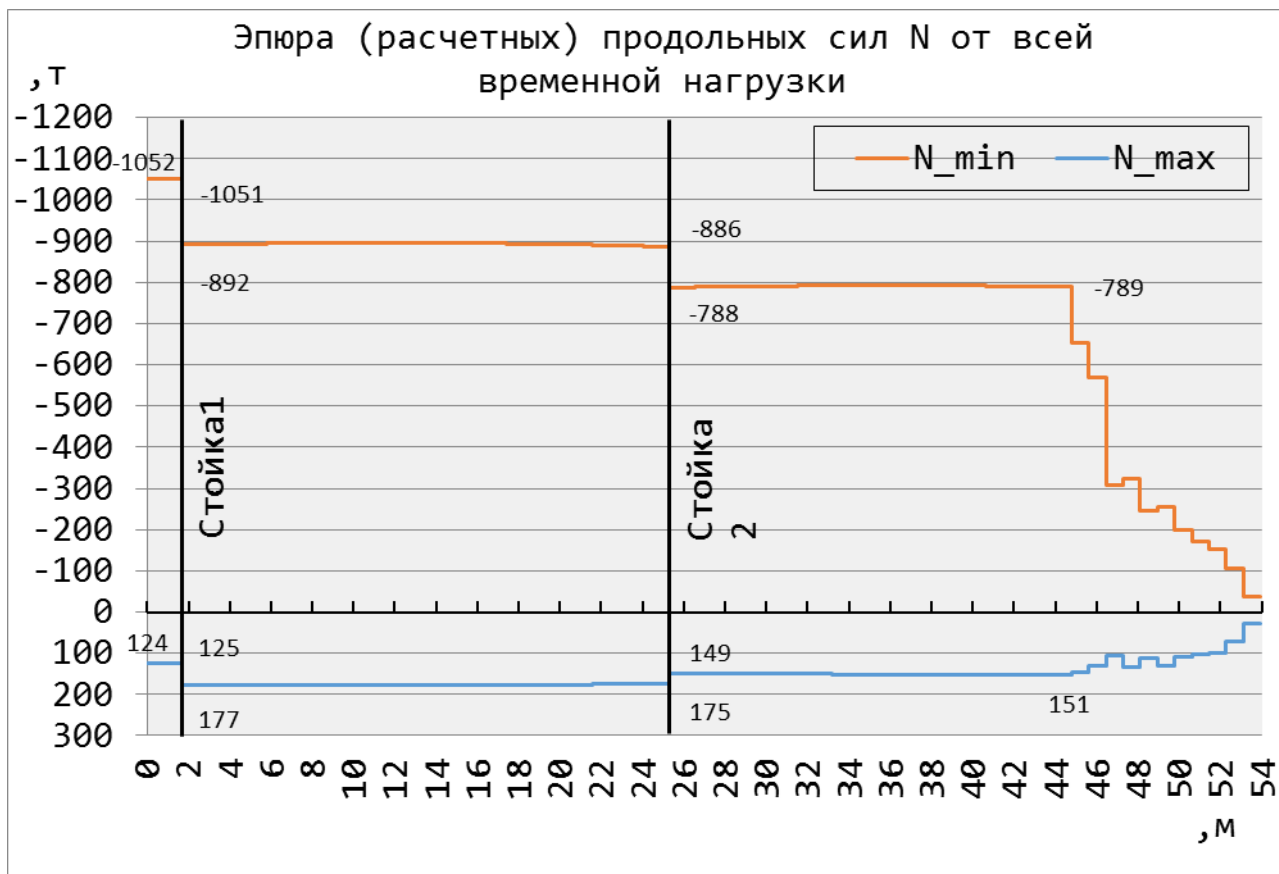


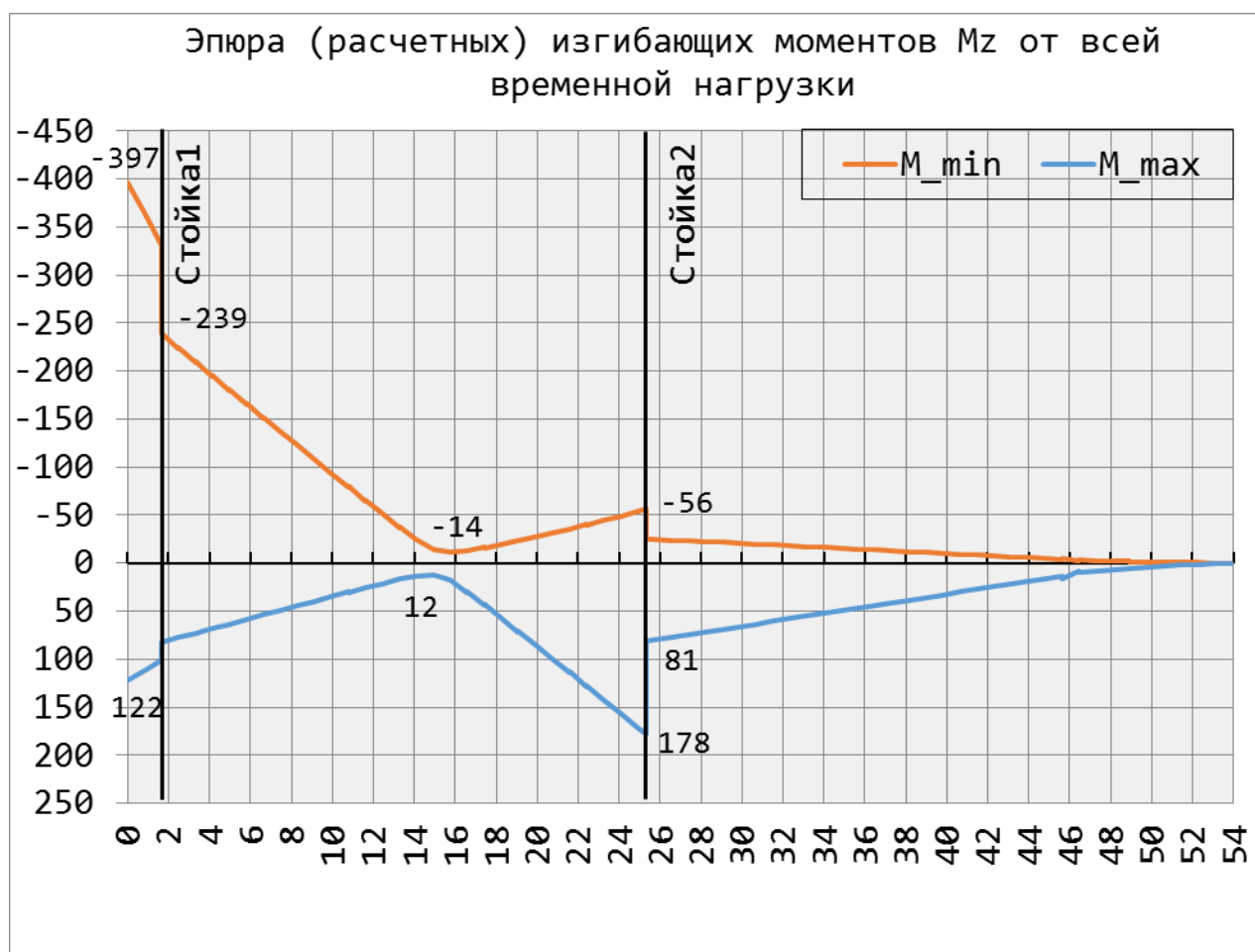
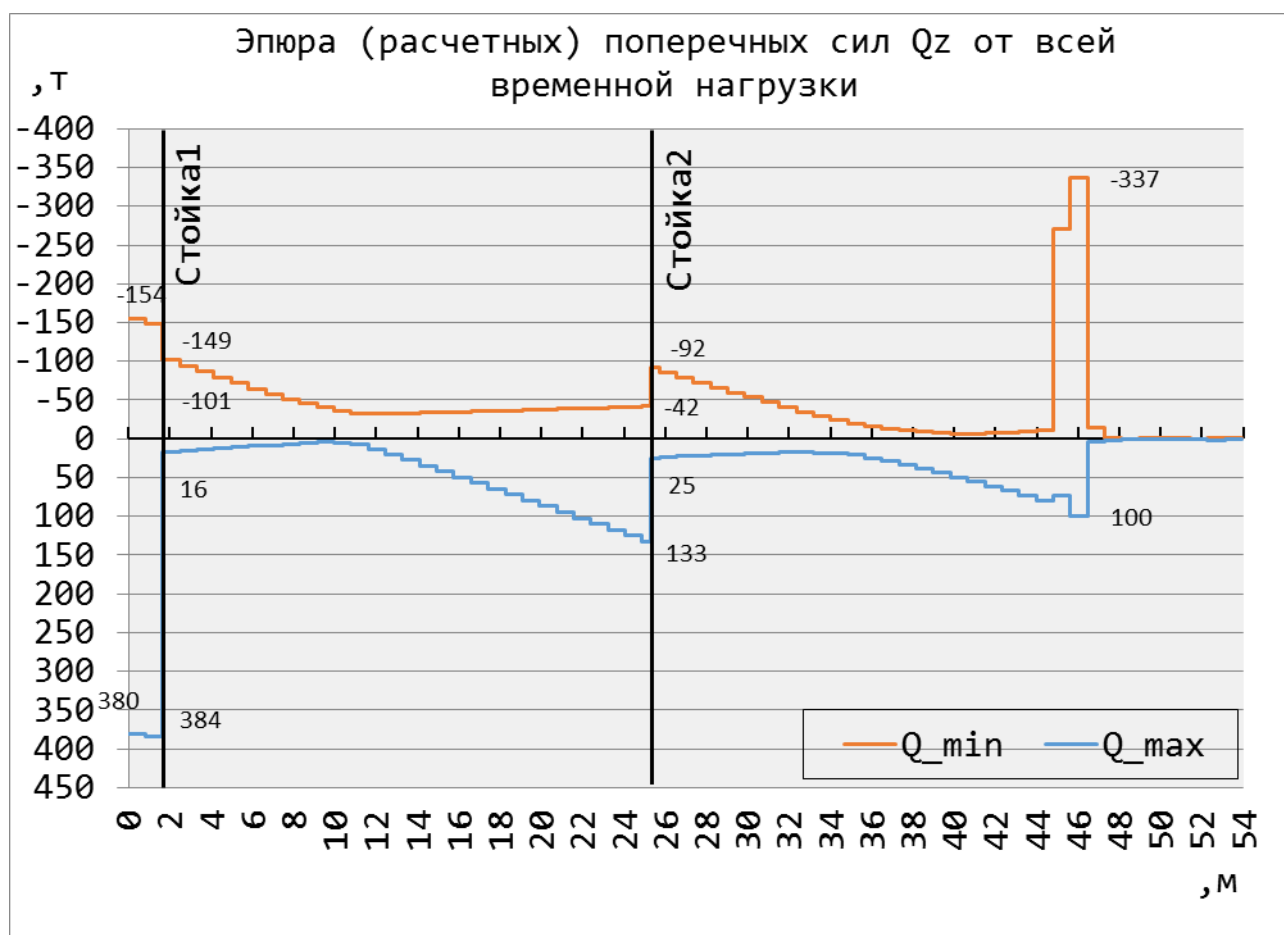
5.3.8 ეპიურები განაწილებული LM1



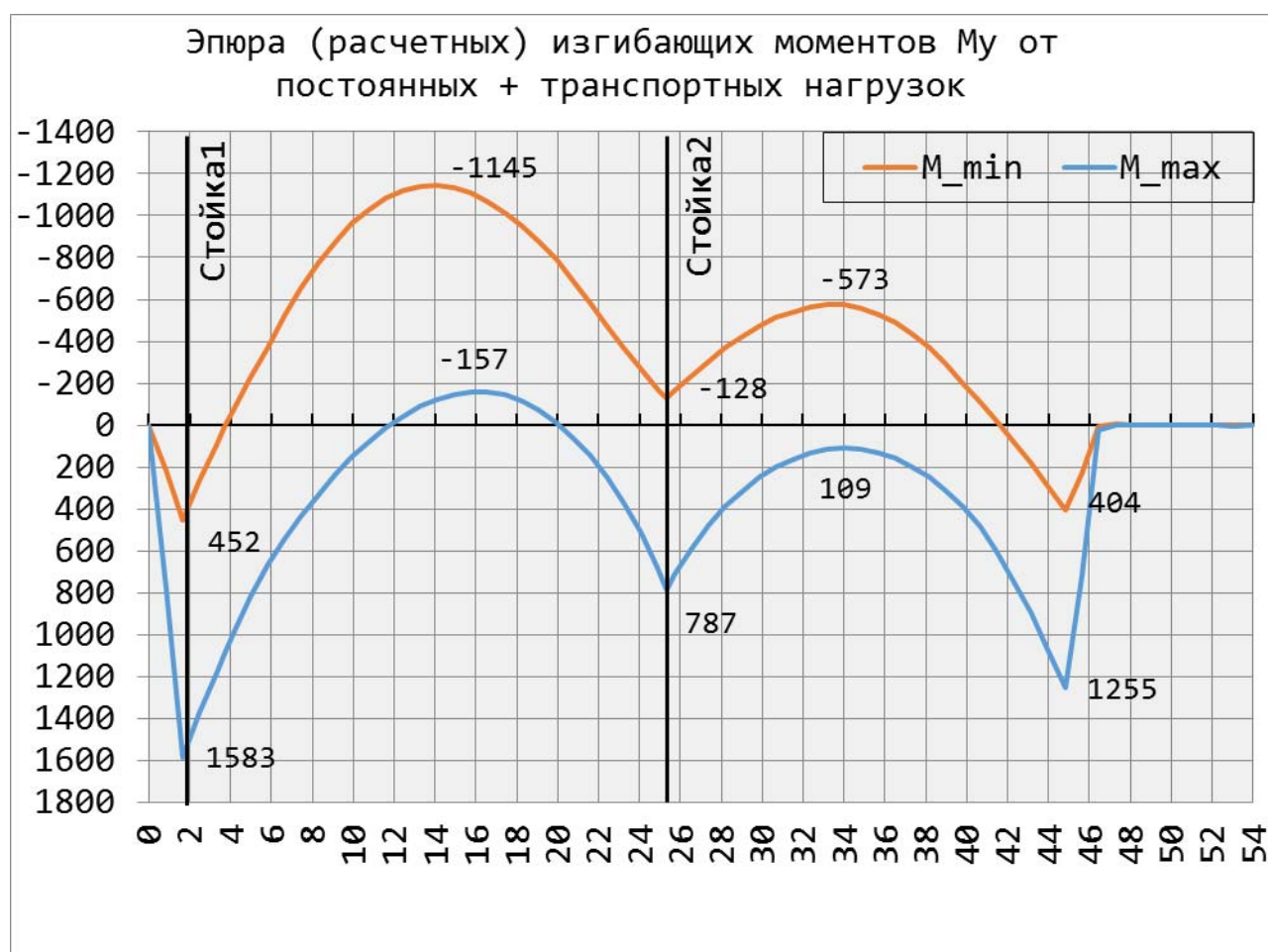
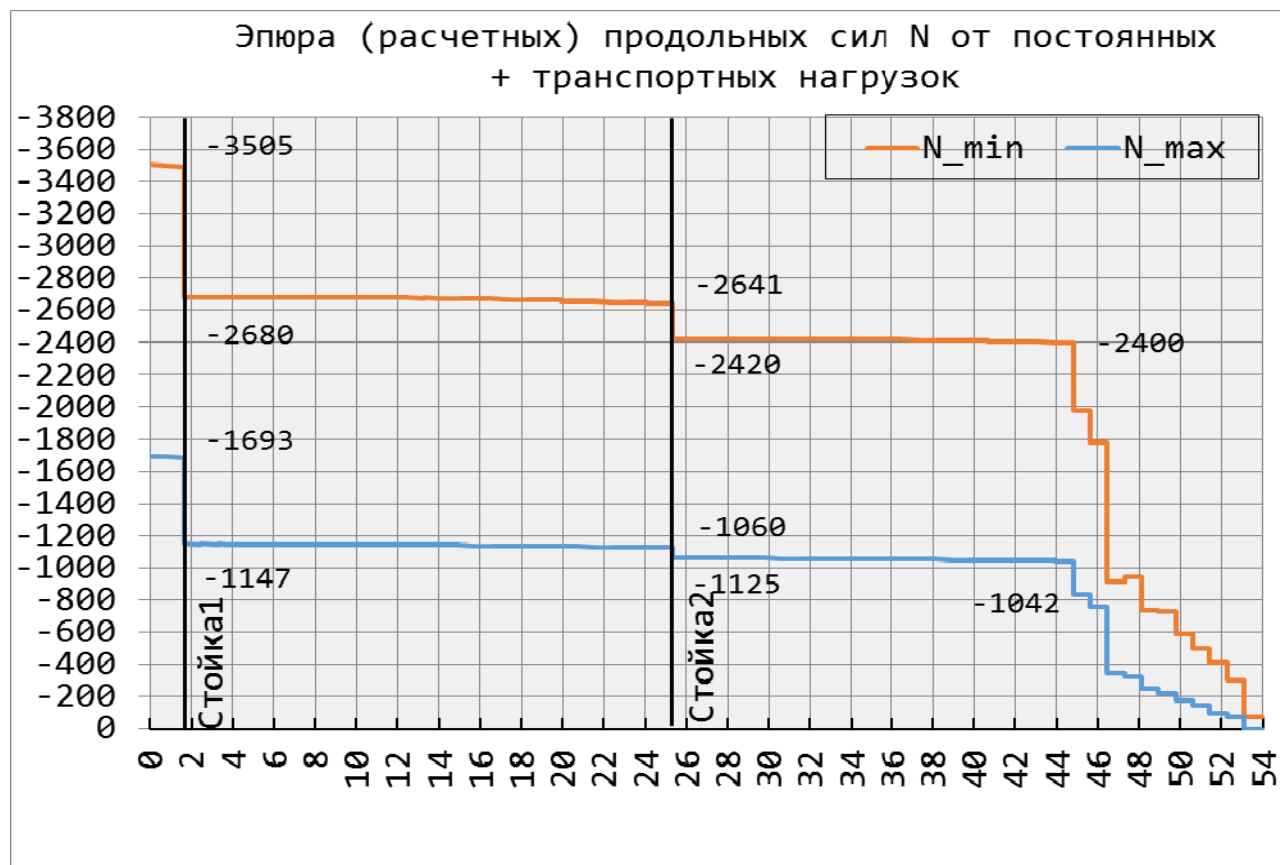


5.3.9 ეპიურები ჯამური LM1

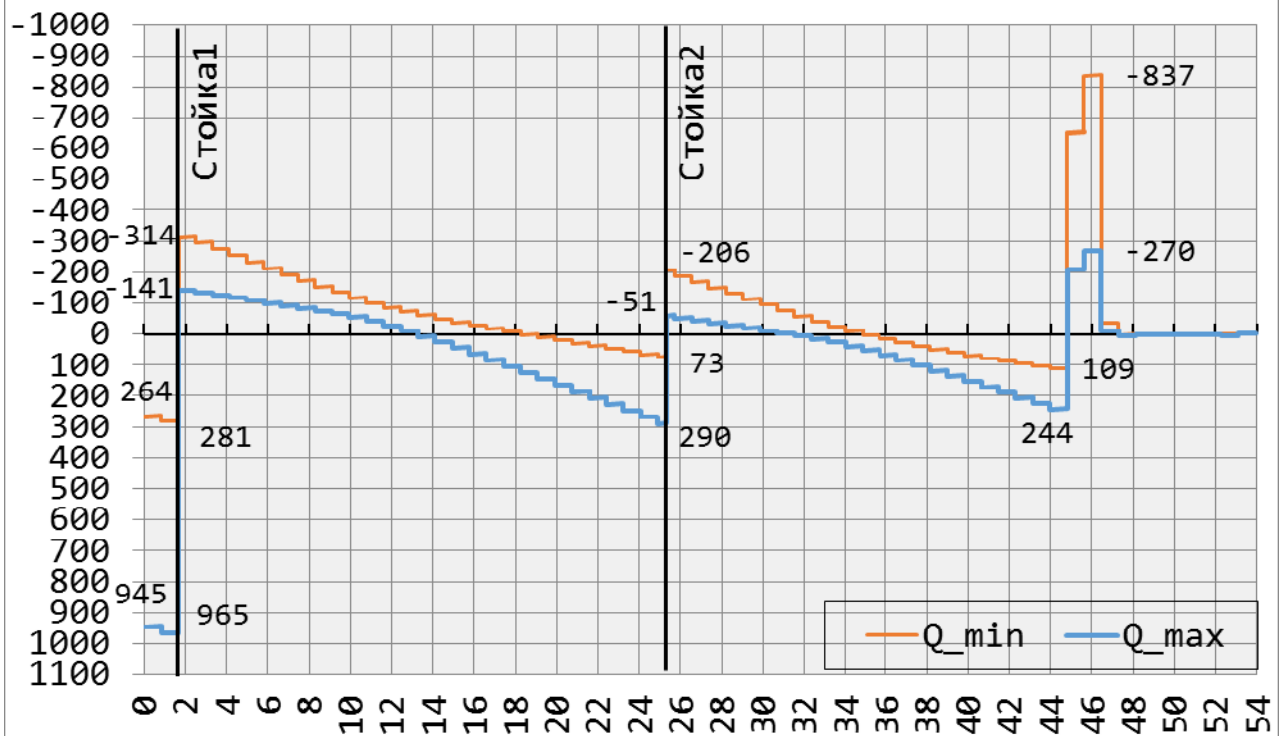




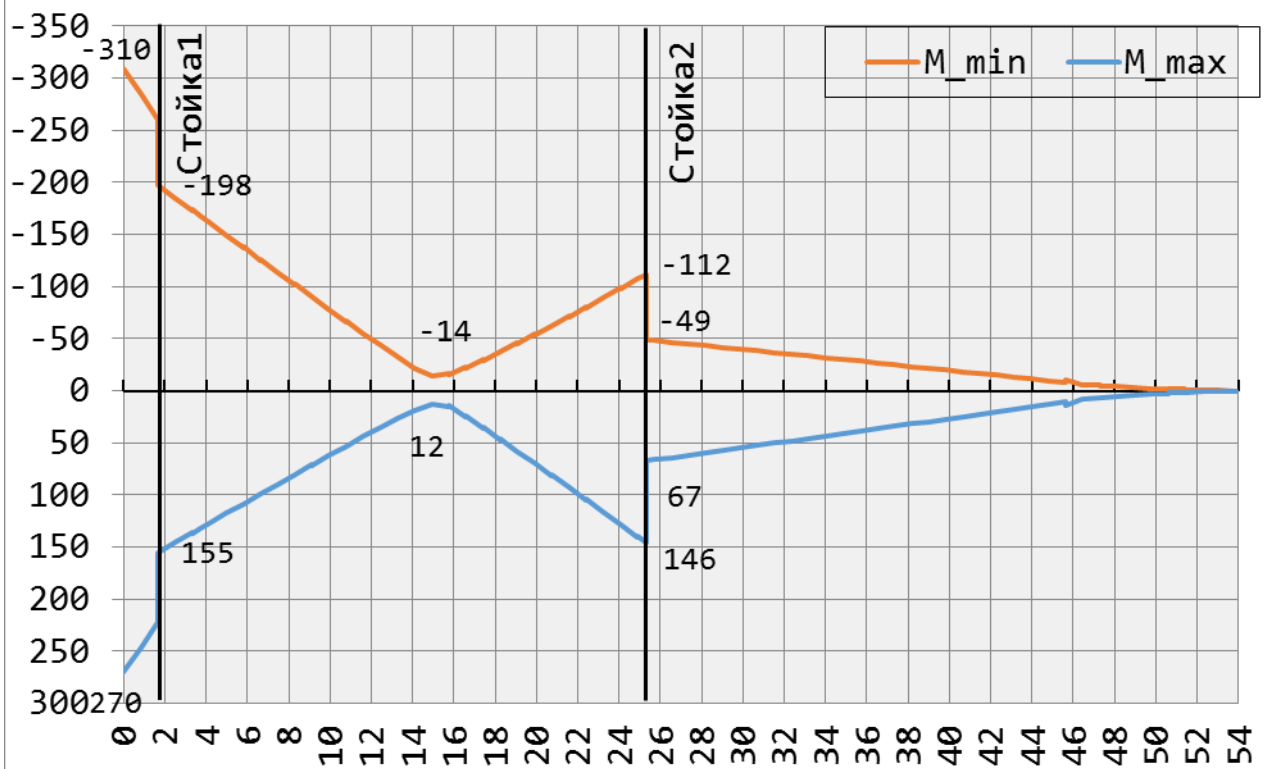
5.3.10 ეპიურები ყველა დატვირთვისგან



Эпюра (расчетных) поперечных сил Q_z от постоянных + транспортных нагрузок

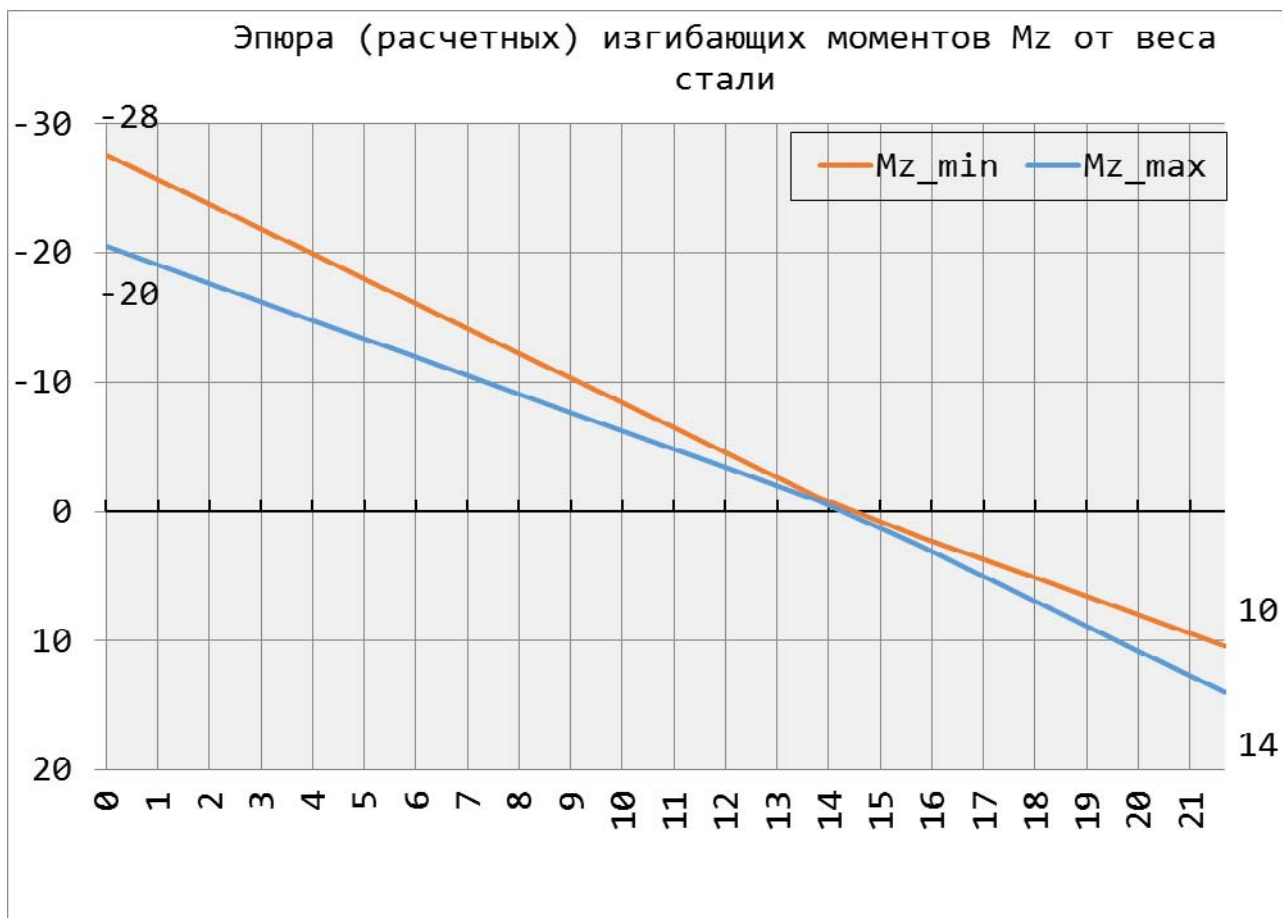
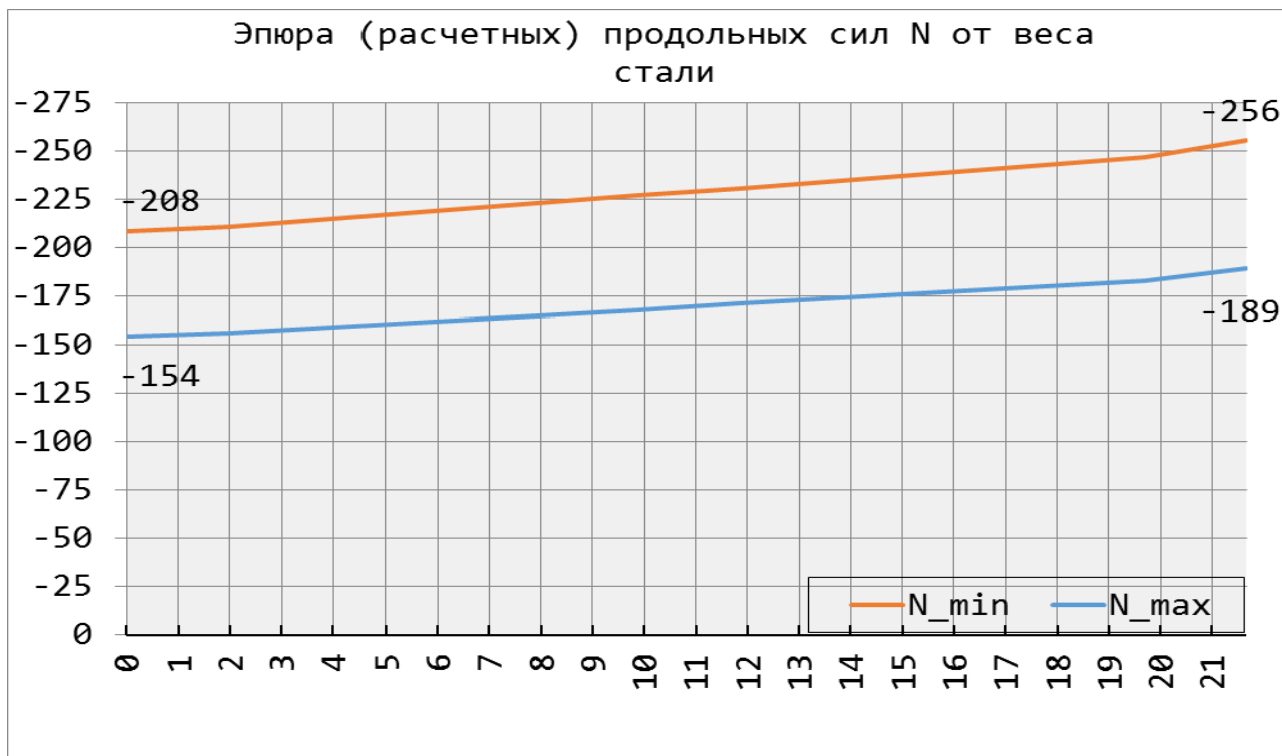


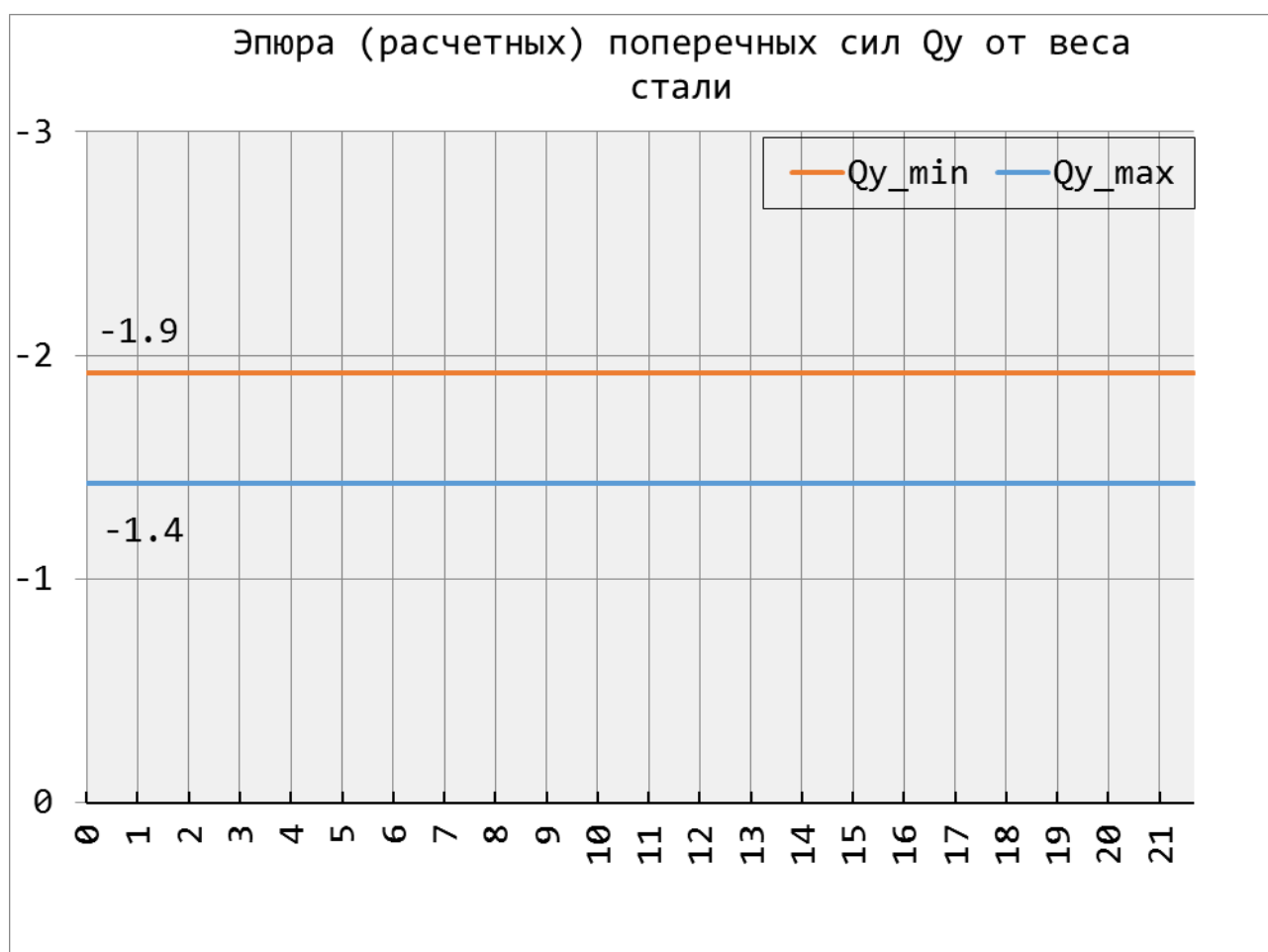
Эпюра (расчетных) изгибающих моментов M_z от постоянных + транспортных нагрузок



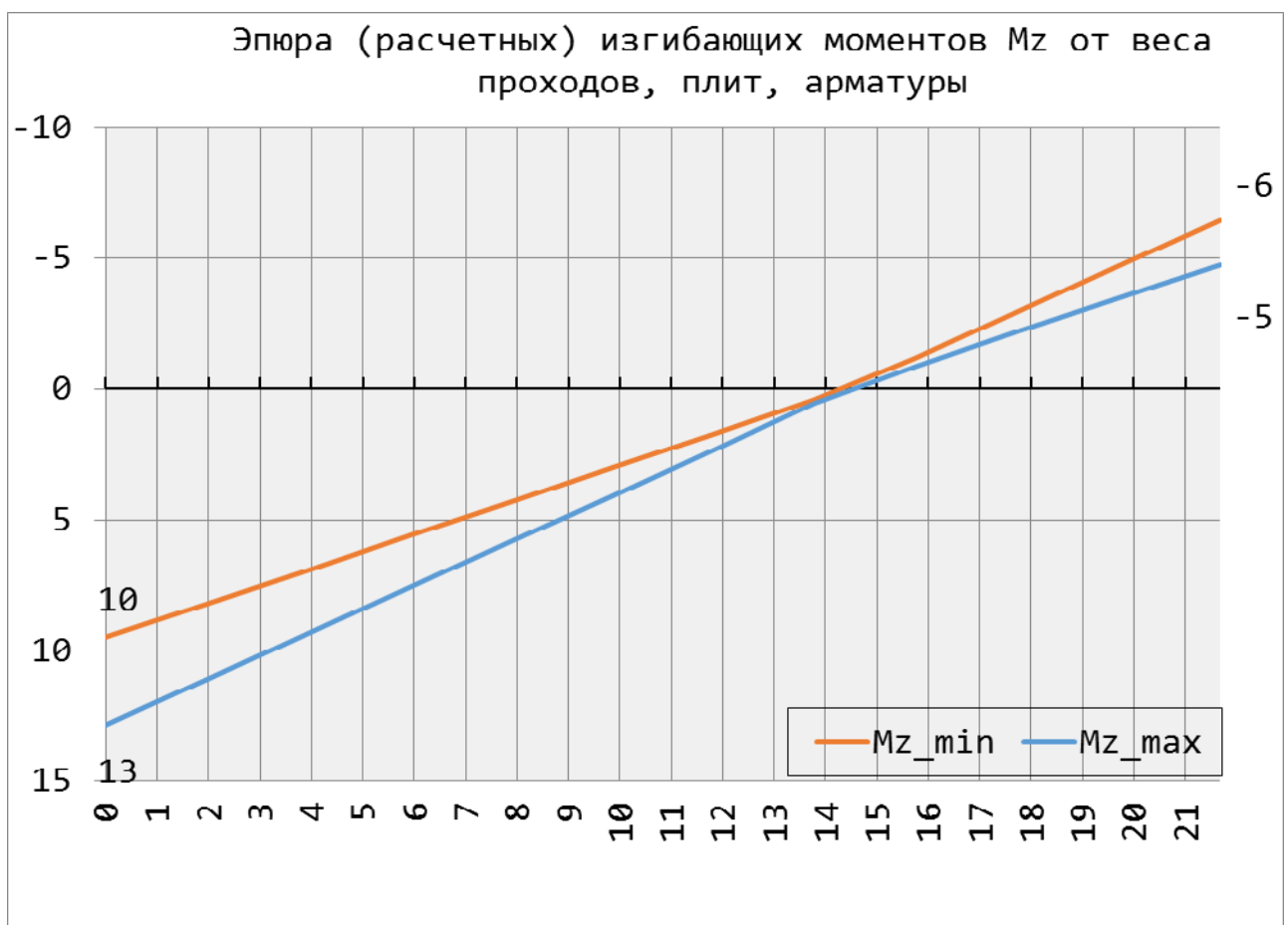
5.4 ძალები დგარი 1

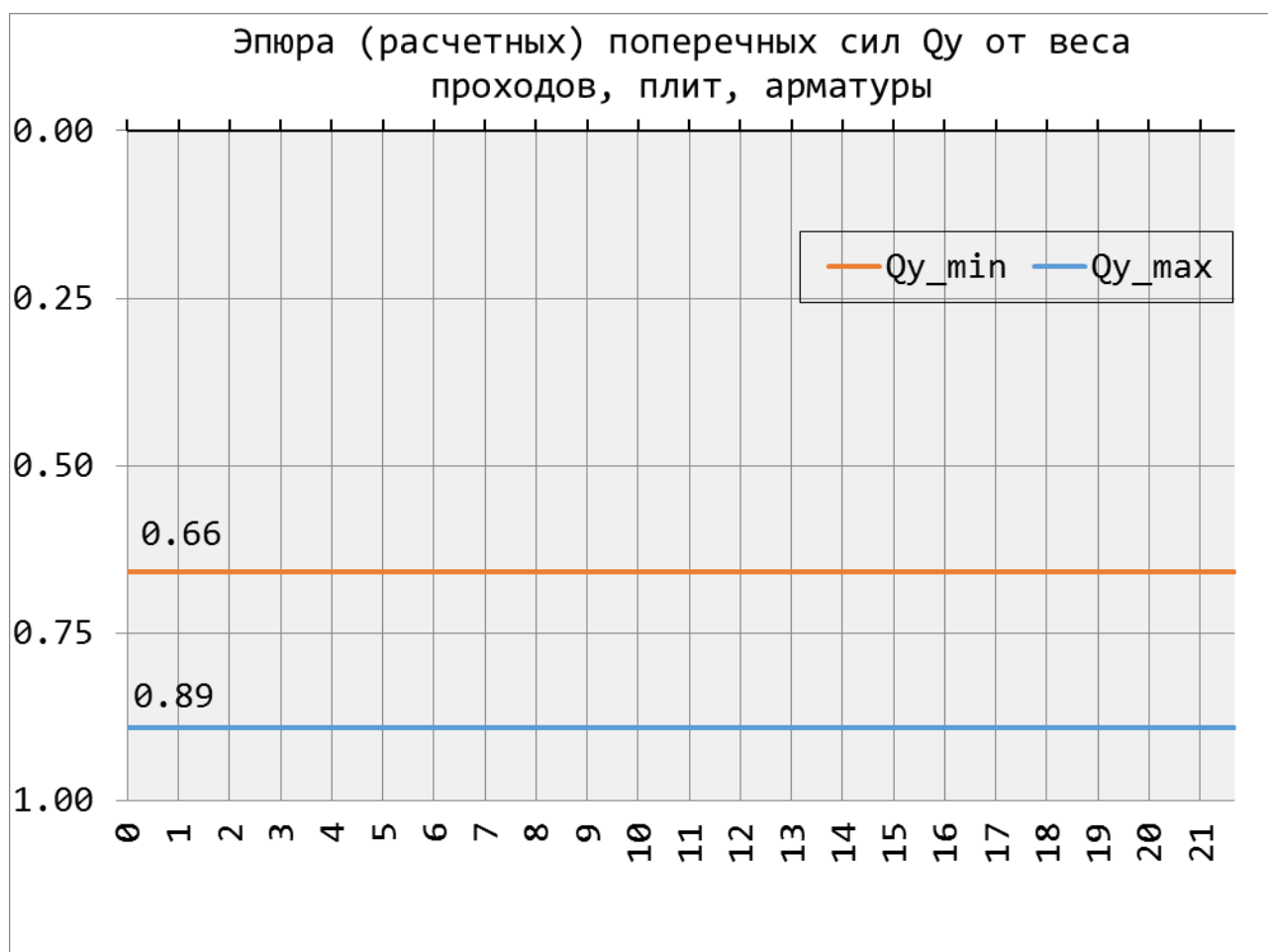
5.4.1 ეპიურები ფოლადის წონისაგან



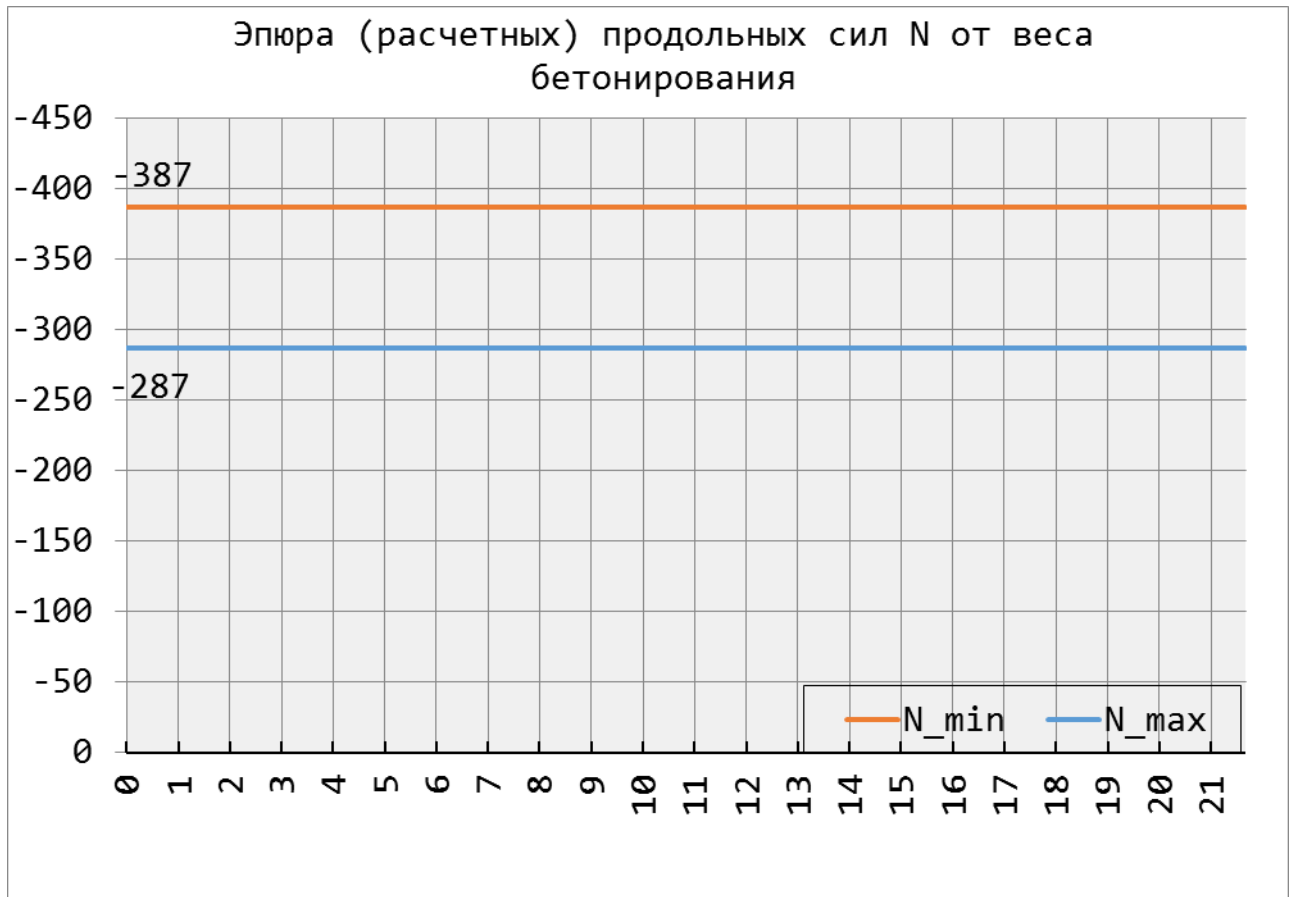


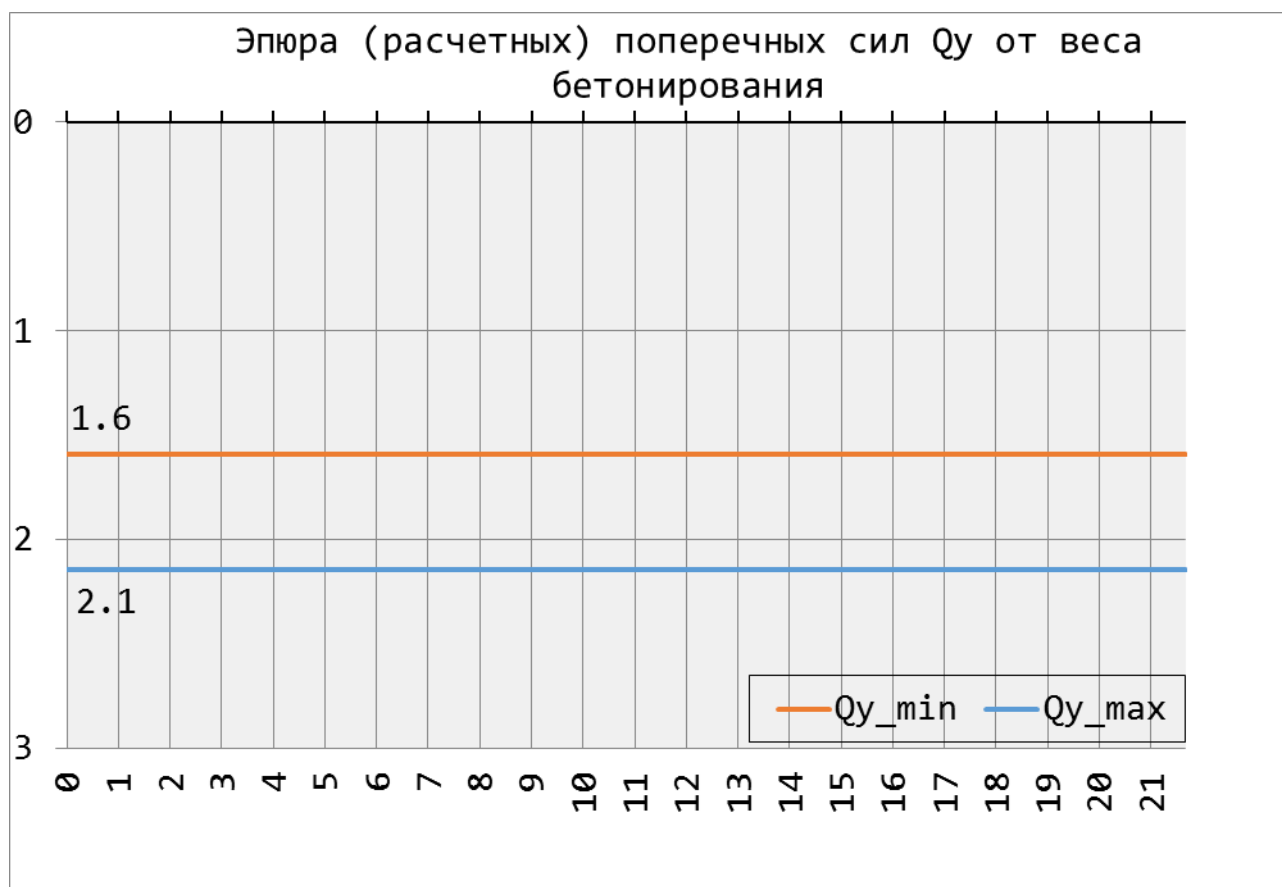
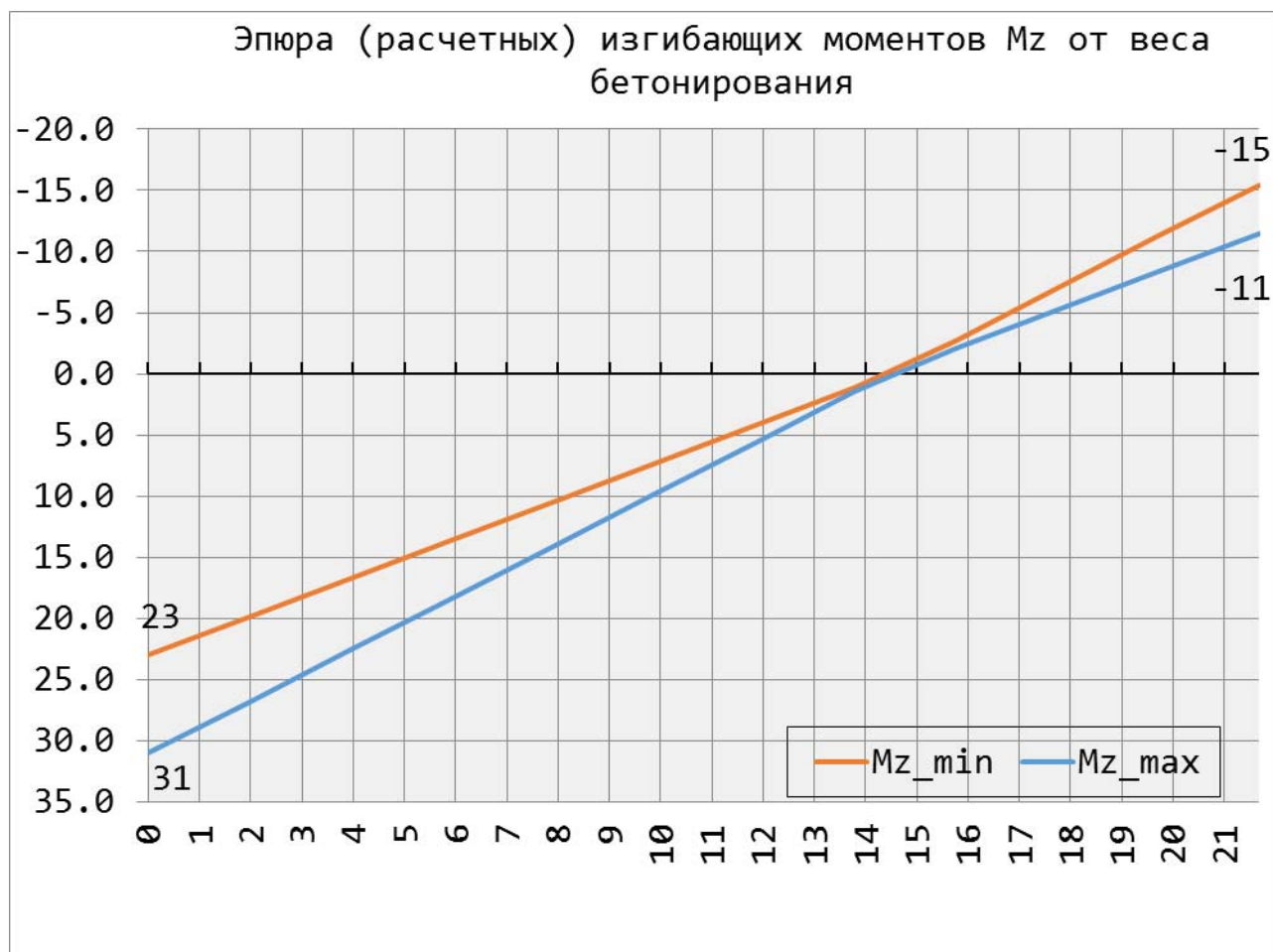
5.4.2 ეპიურები გასასვლელების, ანაკრები ფილების და არმატურის წონისაგან



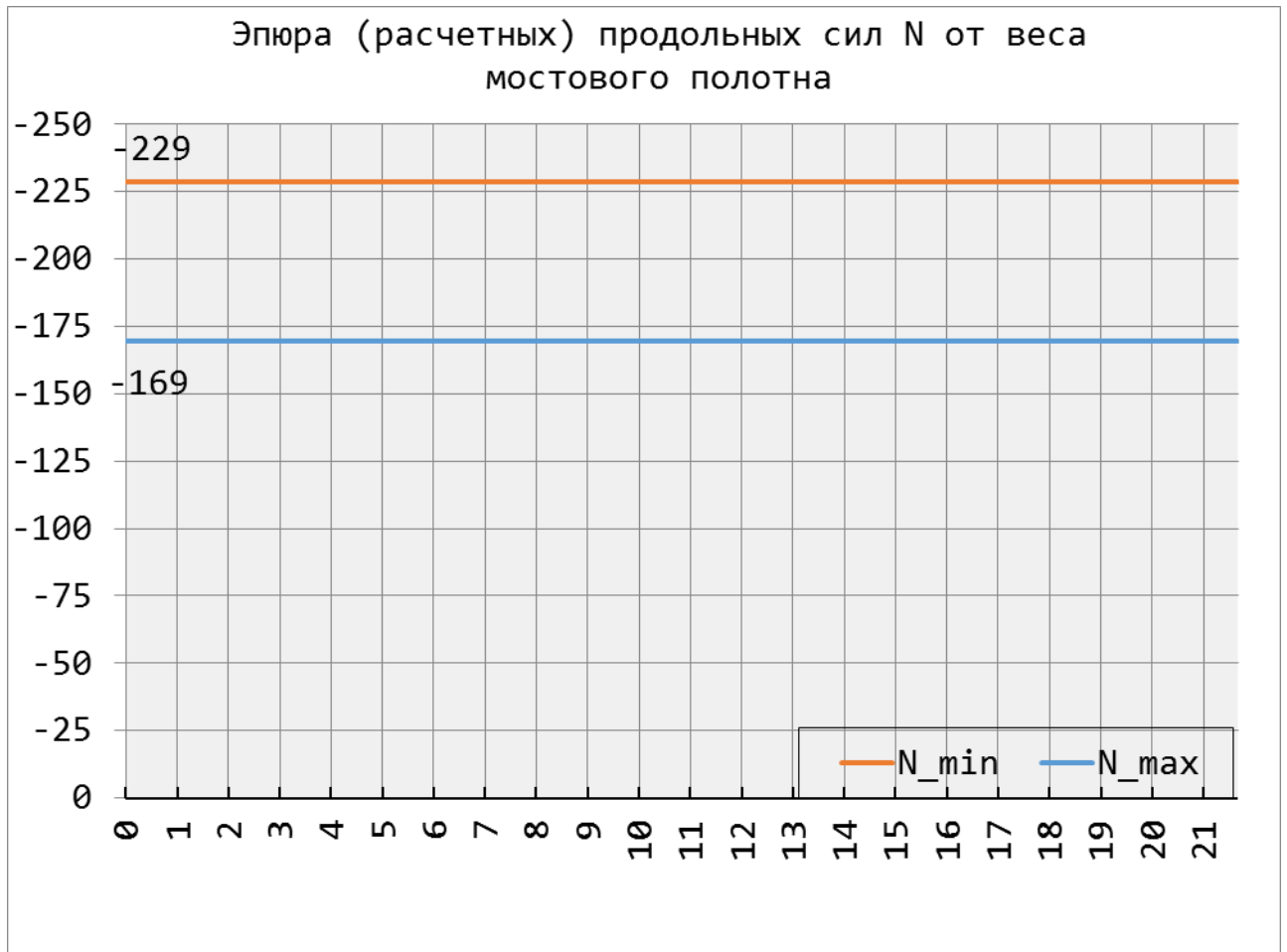


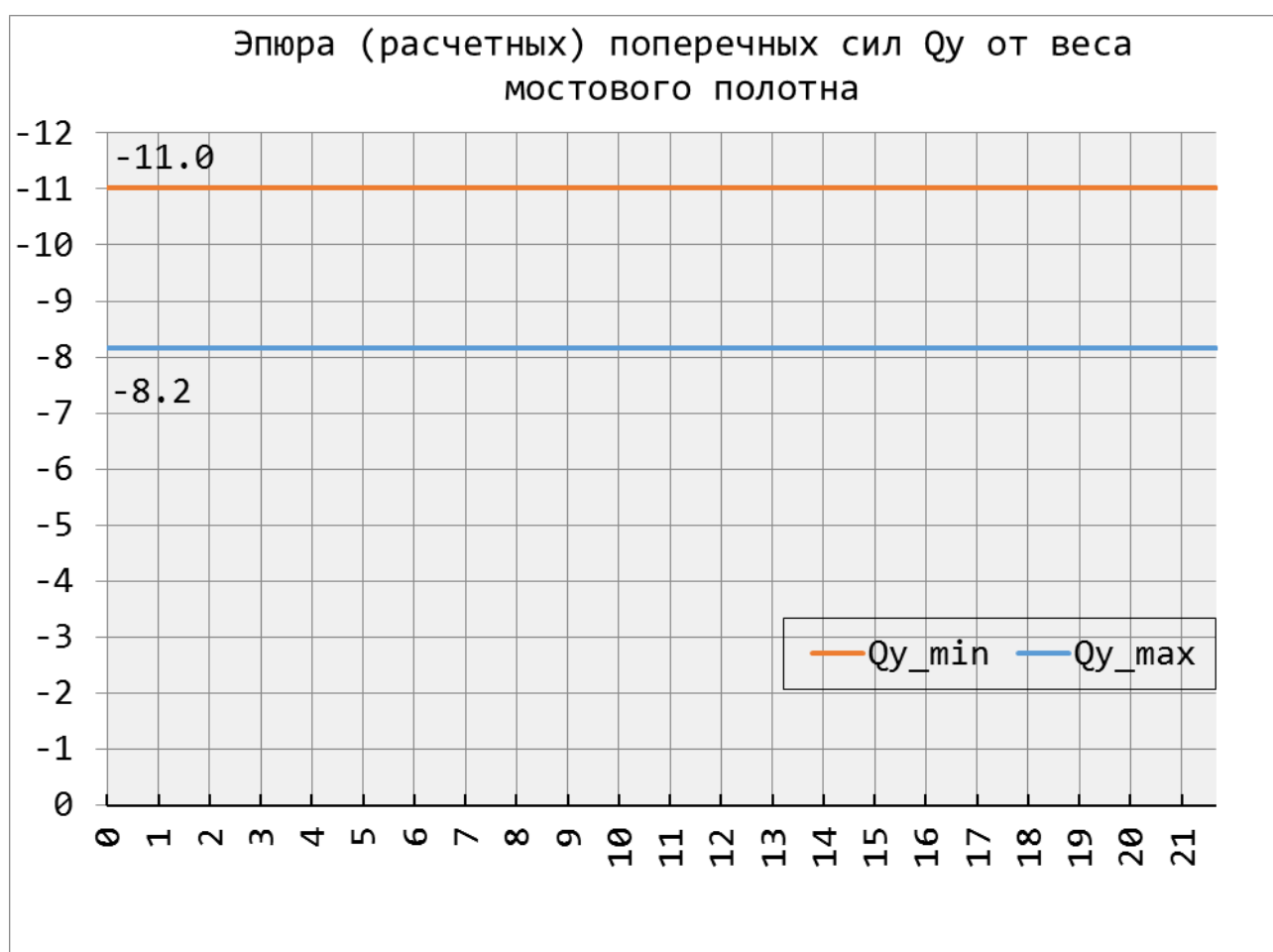
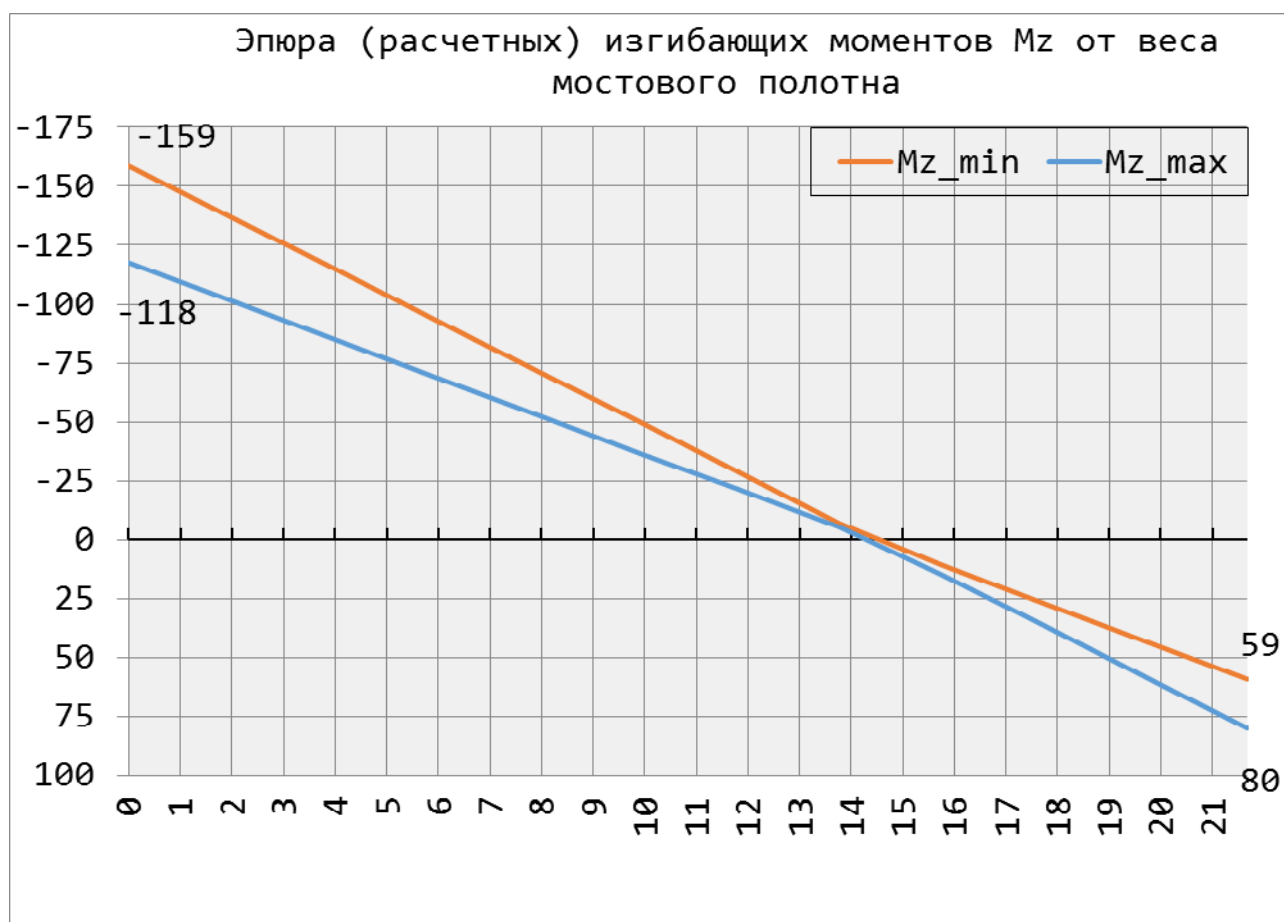
5.4.3 ეპიურები ბეტონის წონისაგან



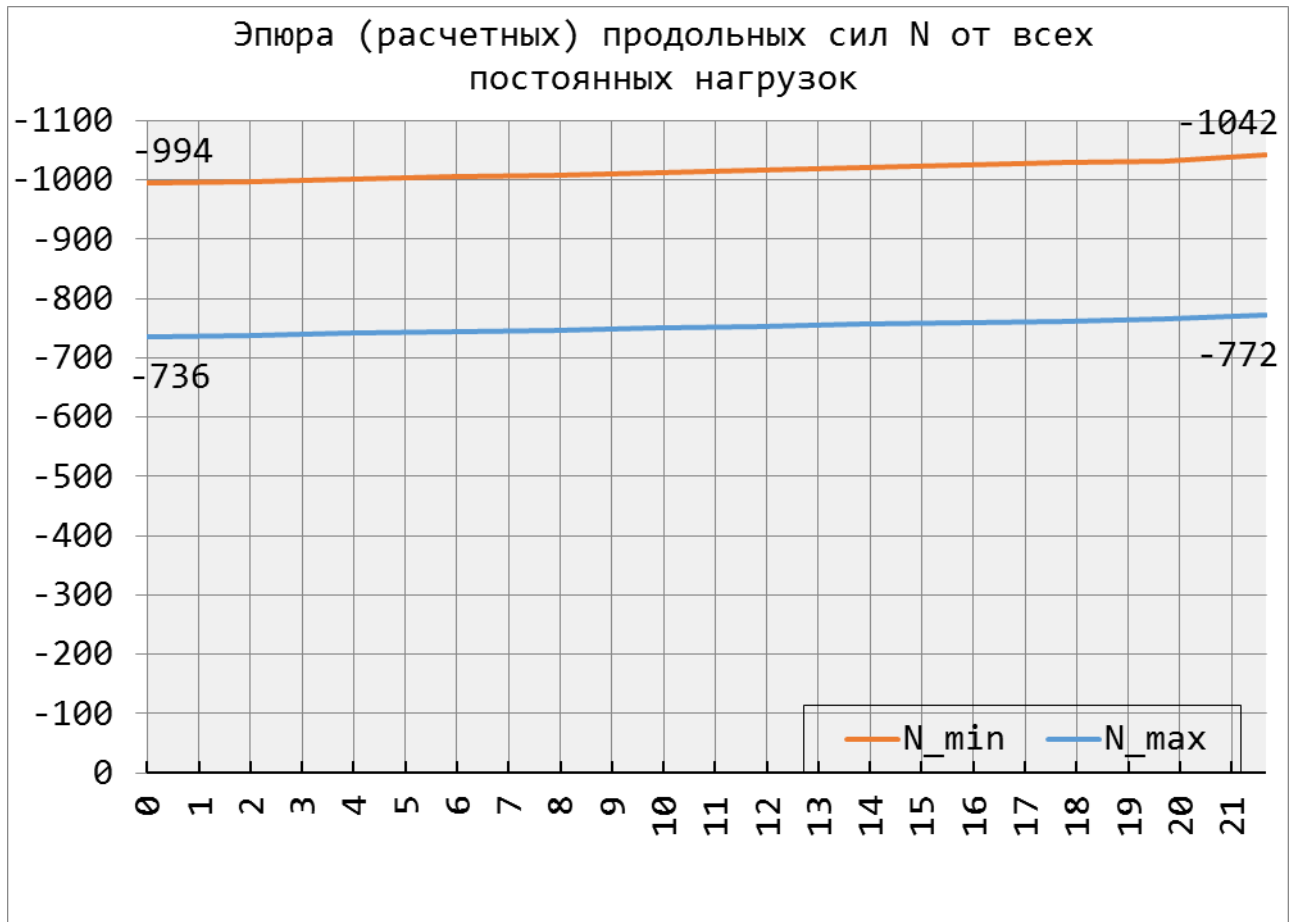


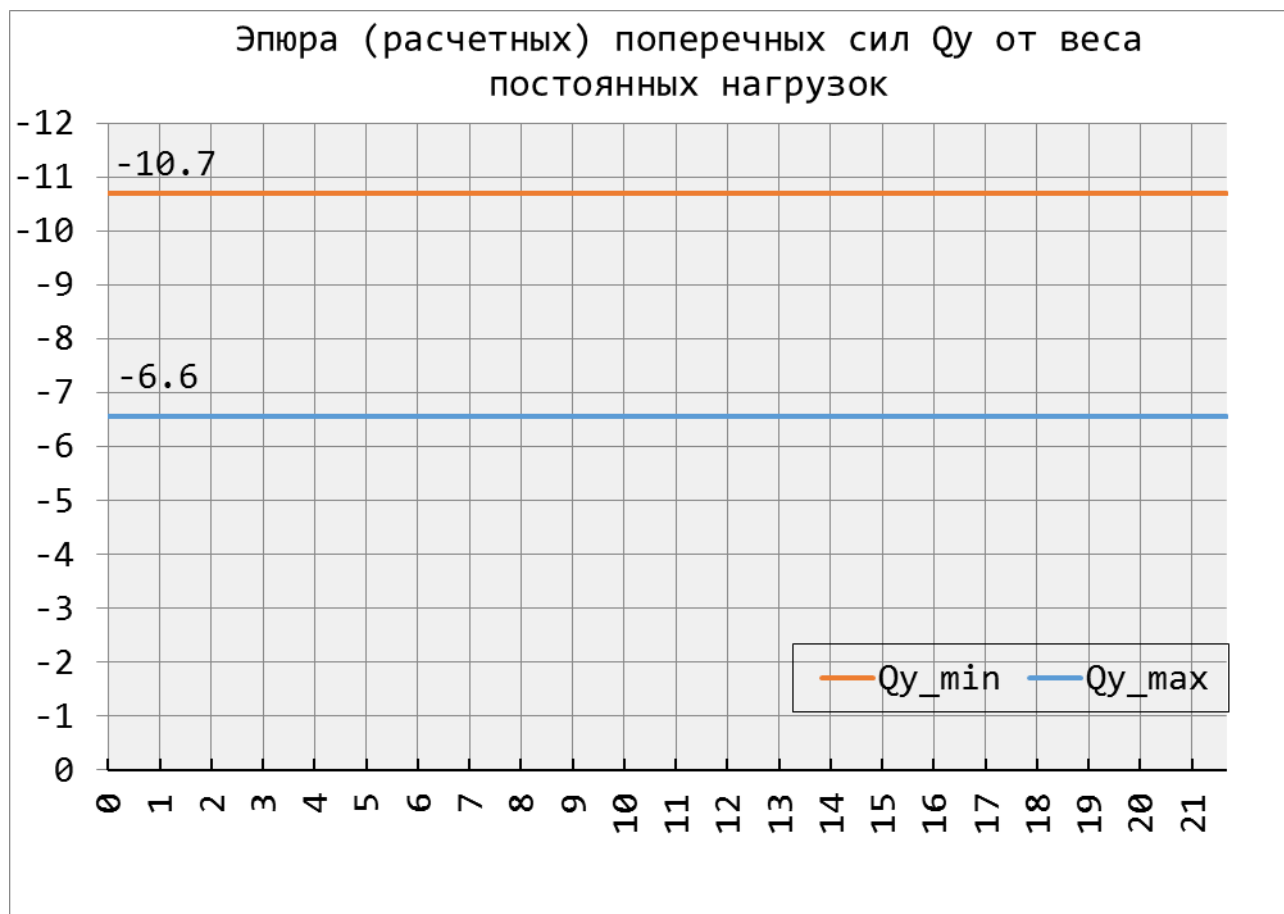
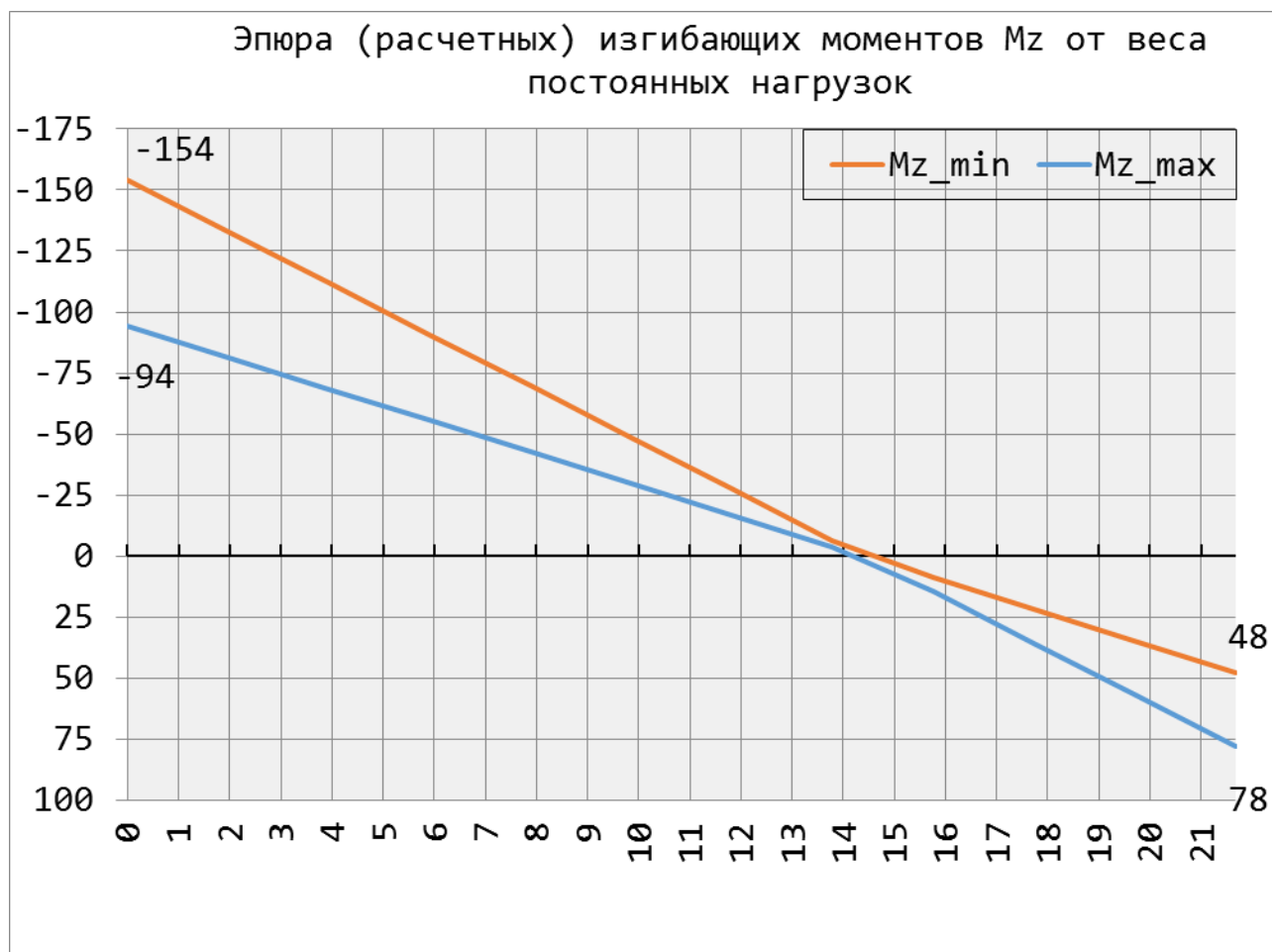
5.4.4 ეპიურები ხიდის ვაკისის წონისაგან



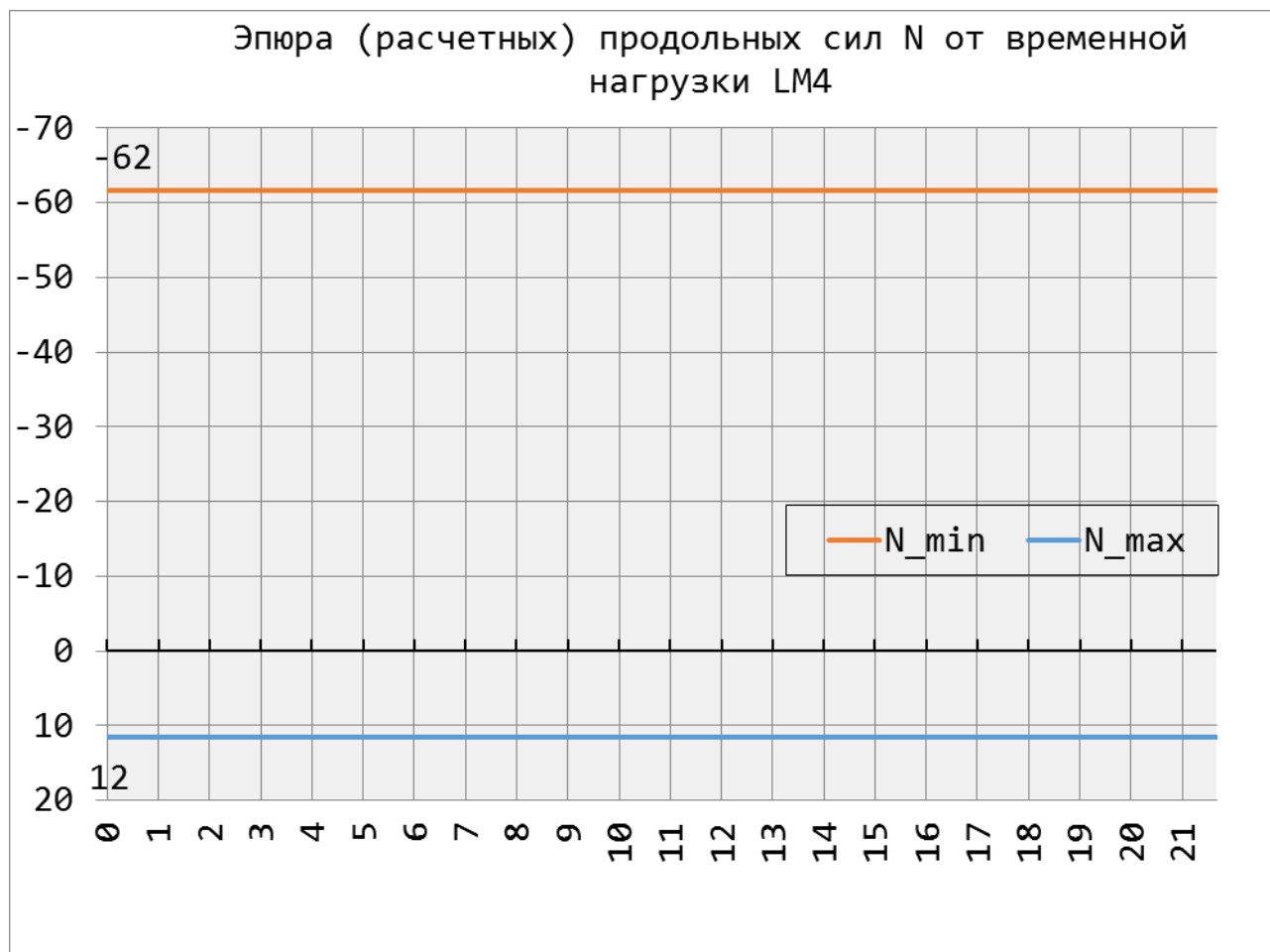


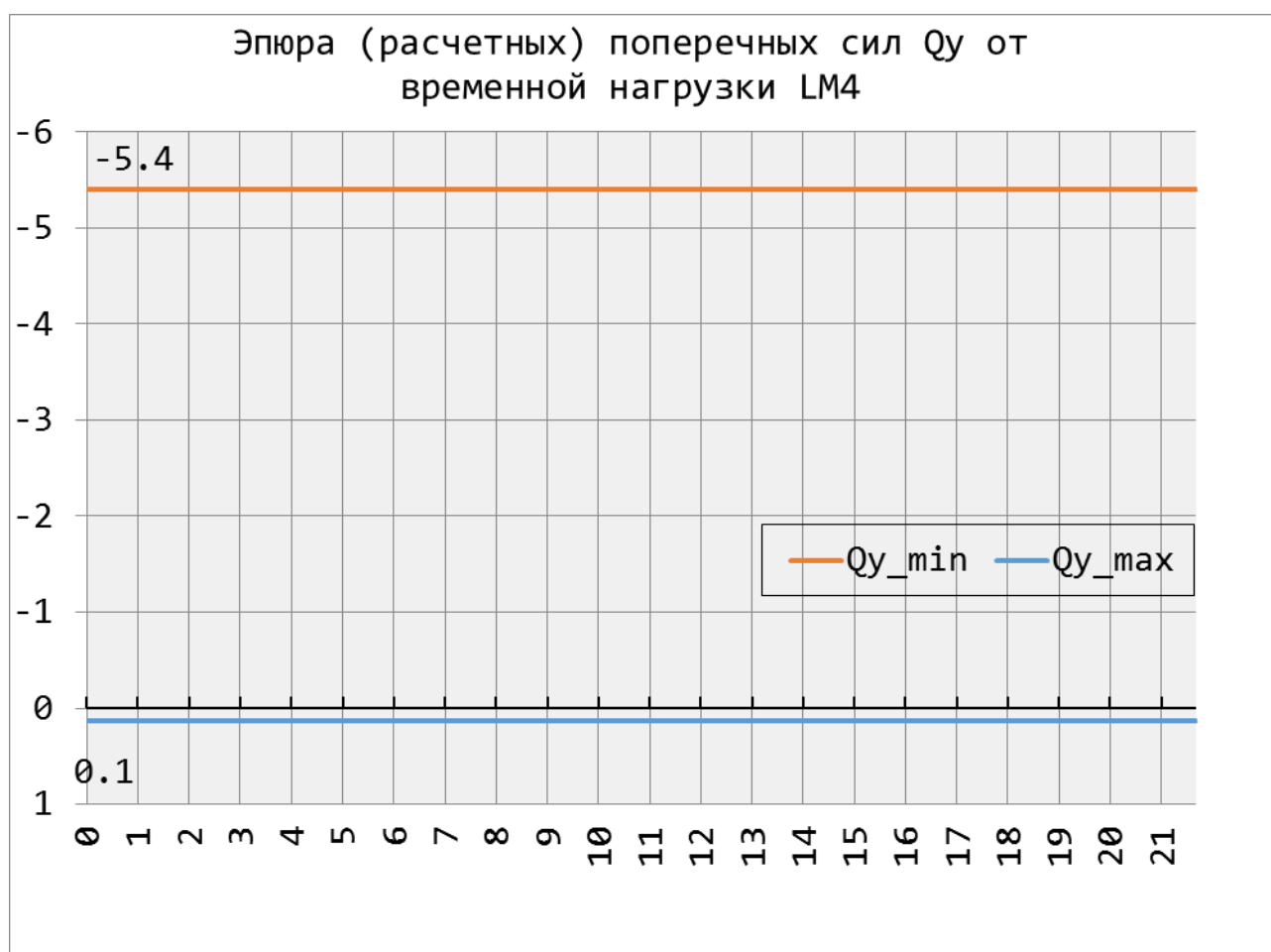
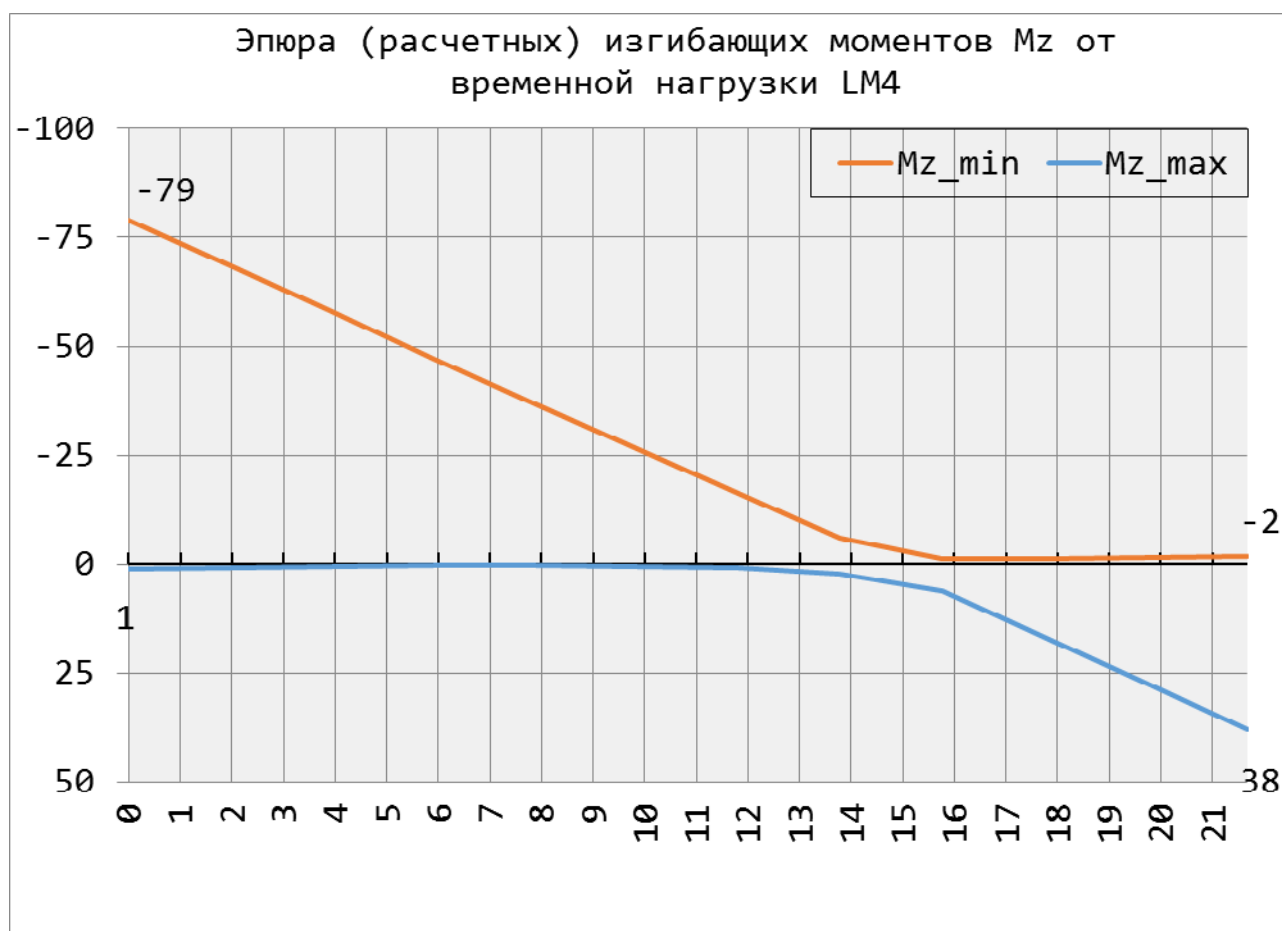
5.4.5 ეპიურები ყველა მუდმივი დატვირთვებისგან



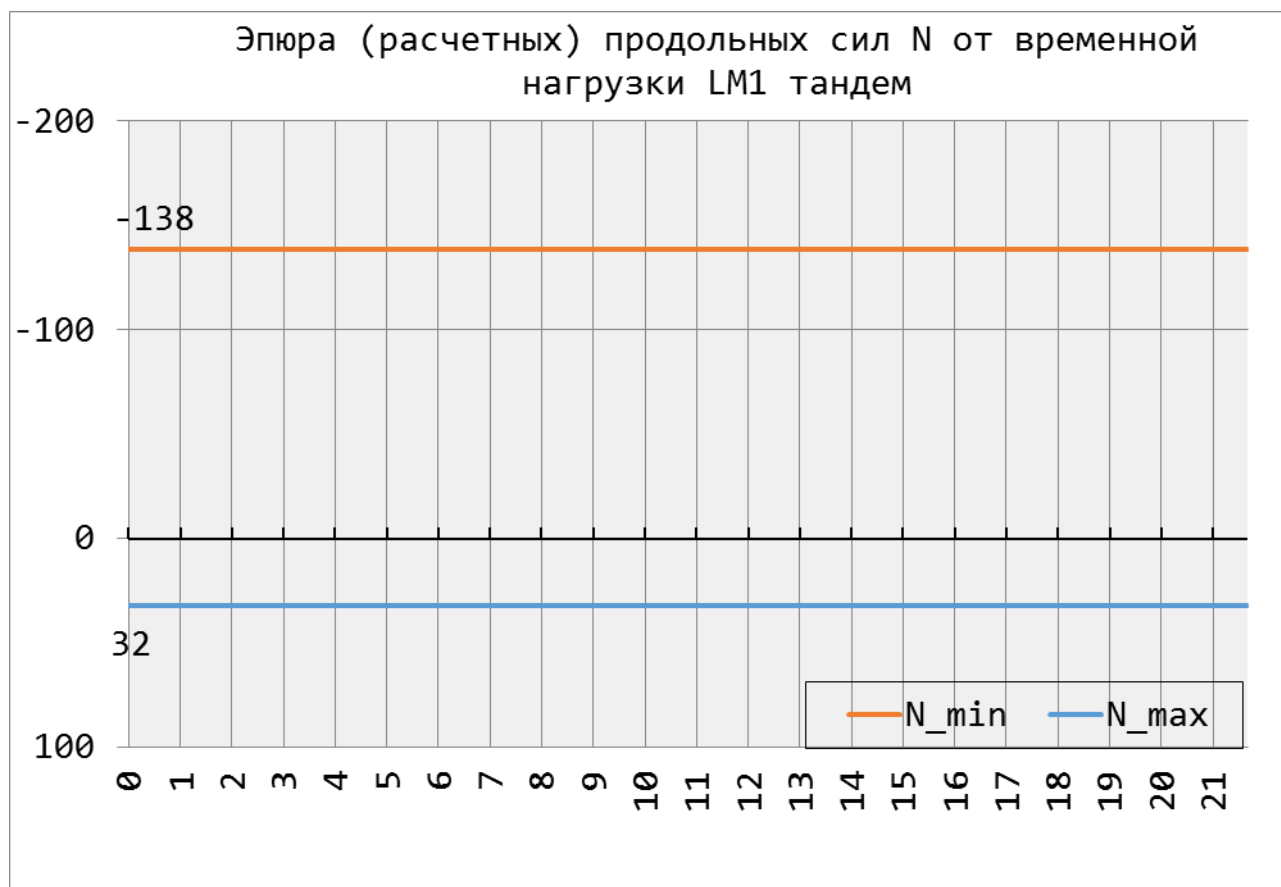


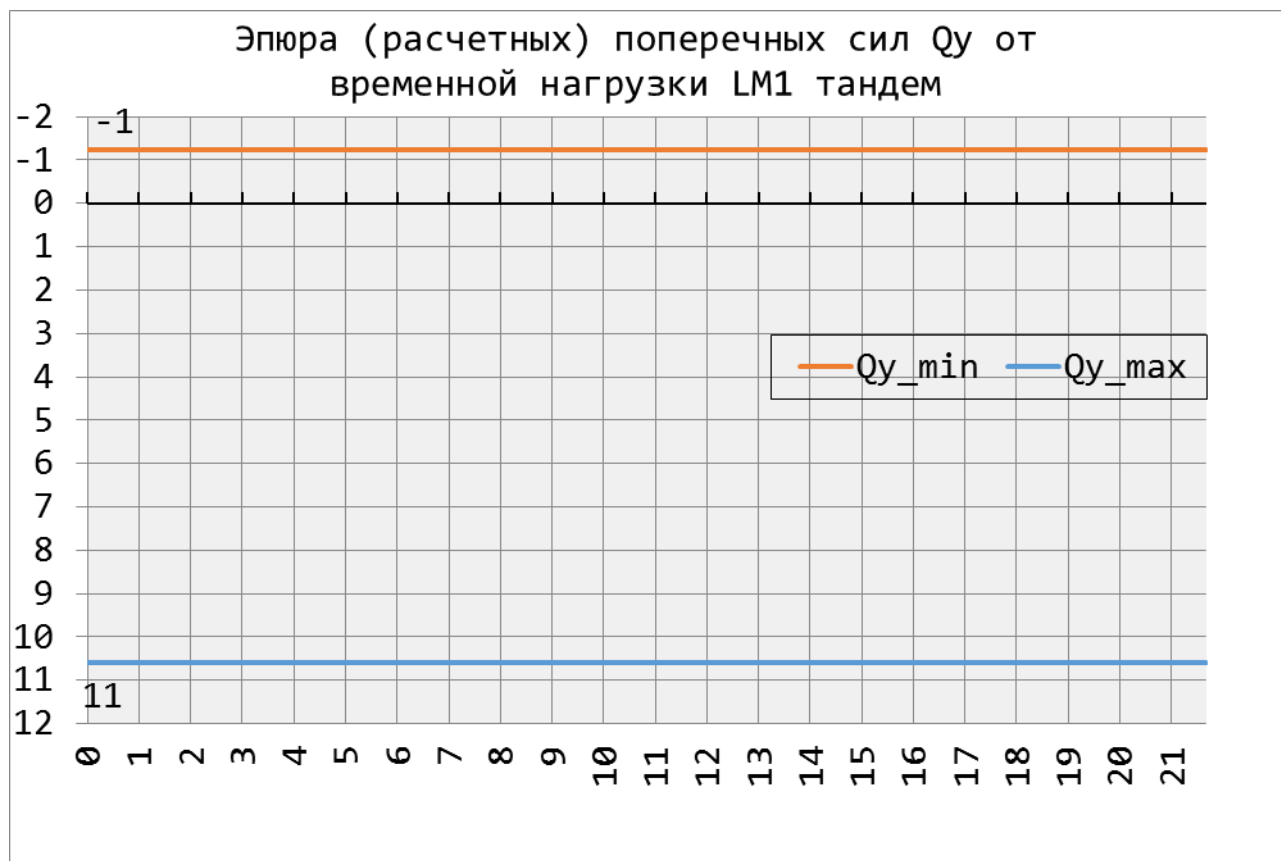
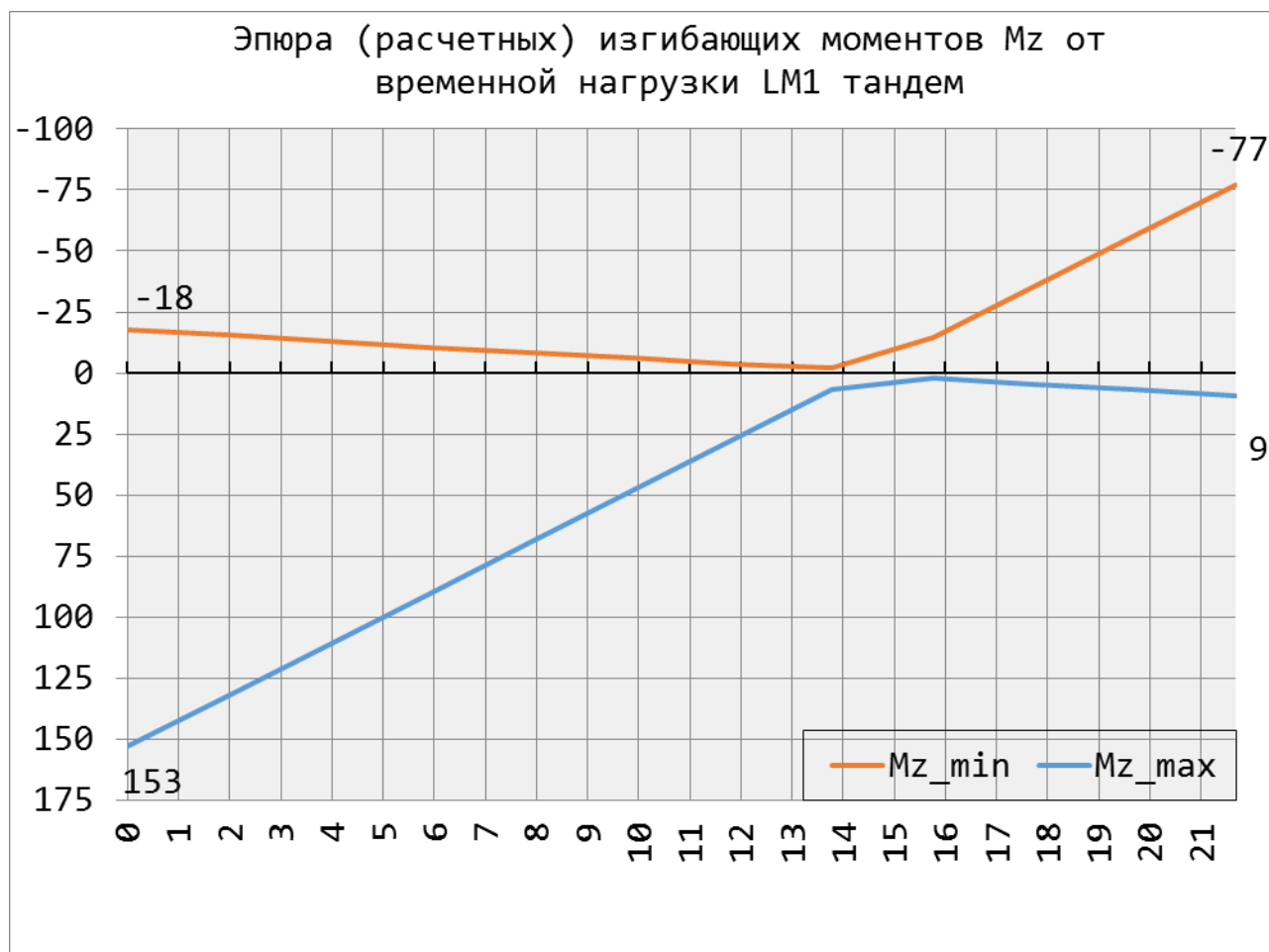
5.4.6 ეპიურები ფეხით მოსიარულეთაგან LM4



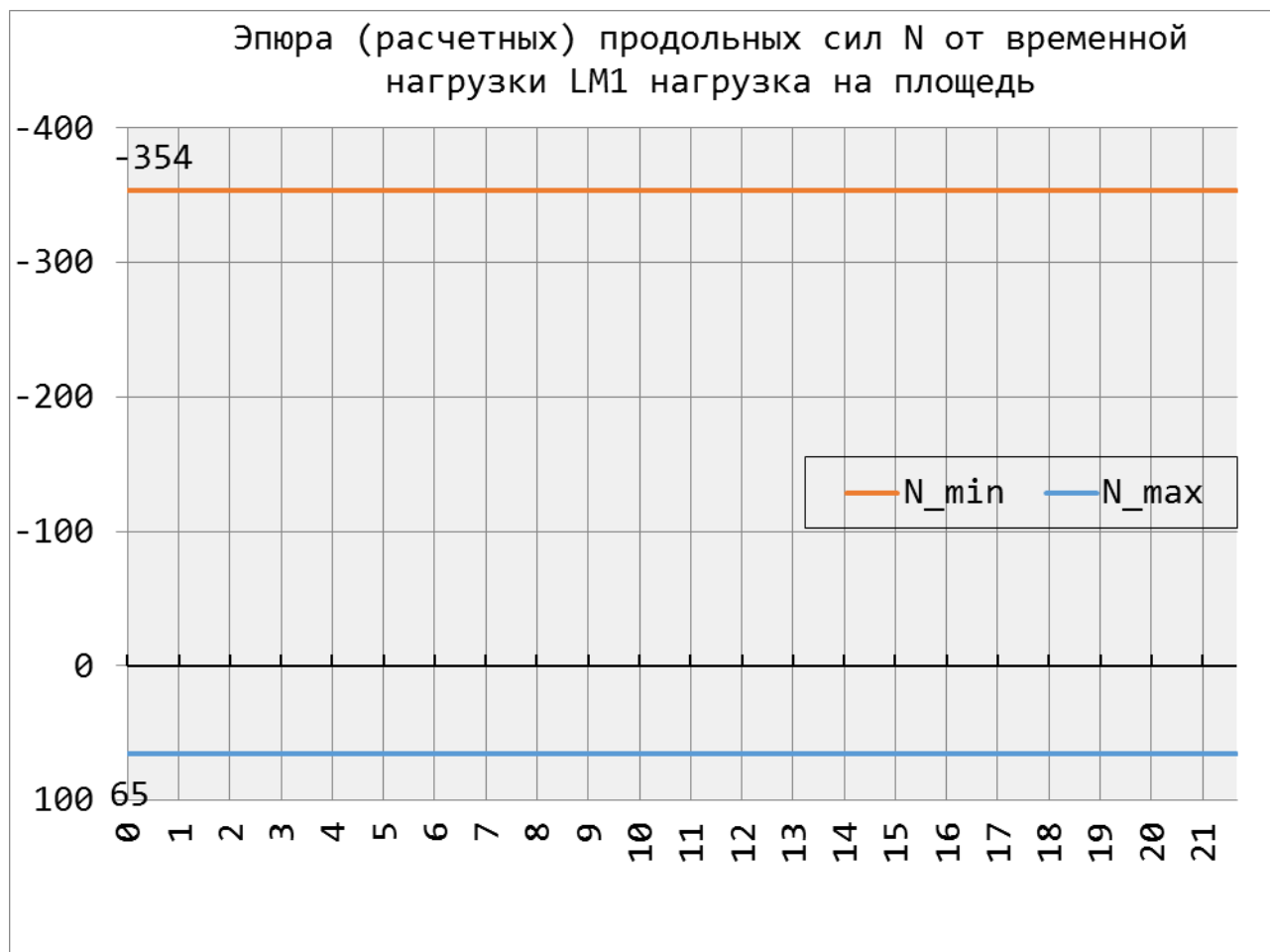


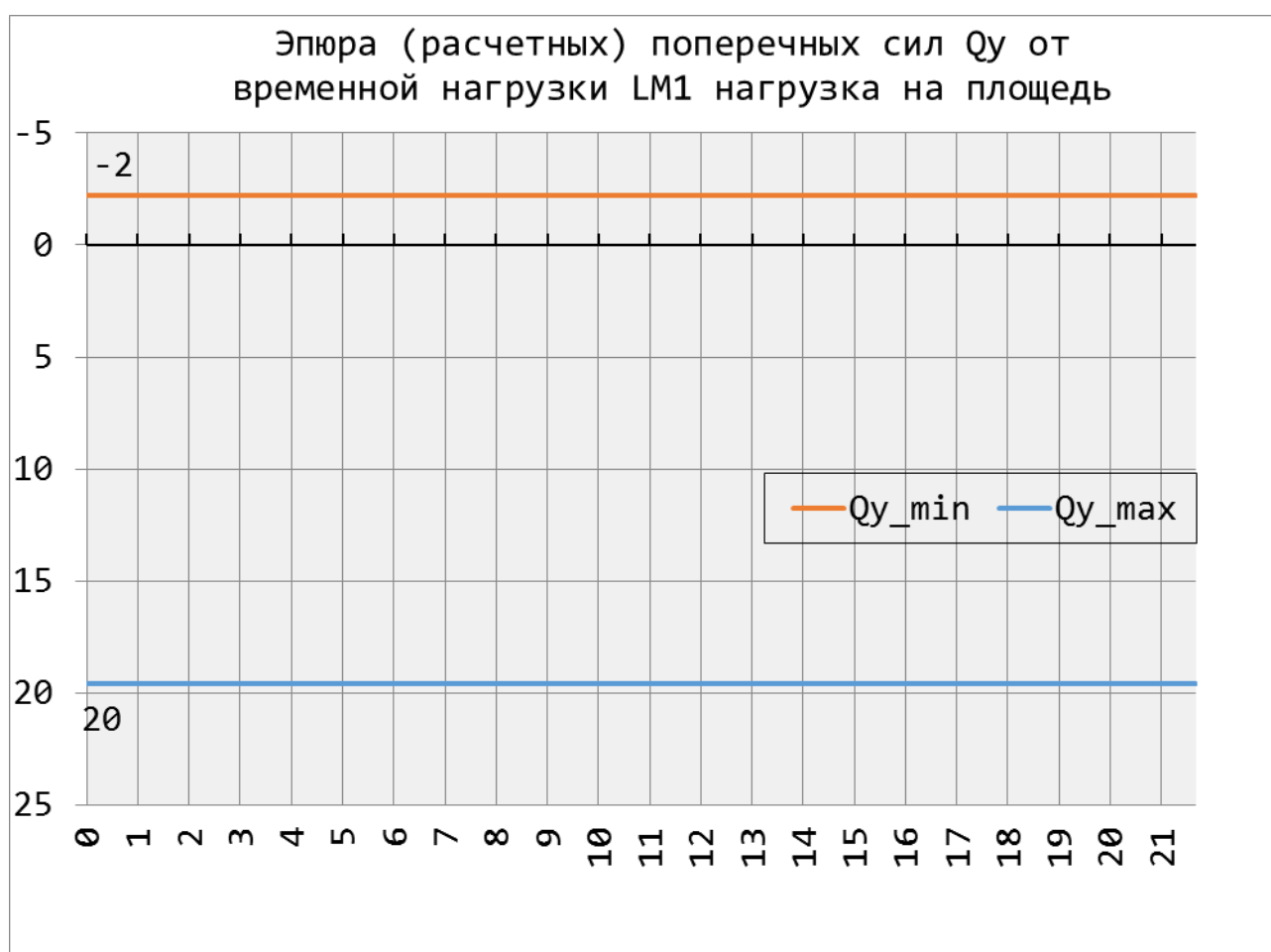
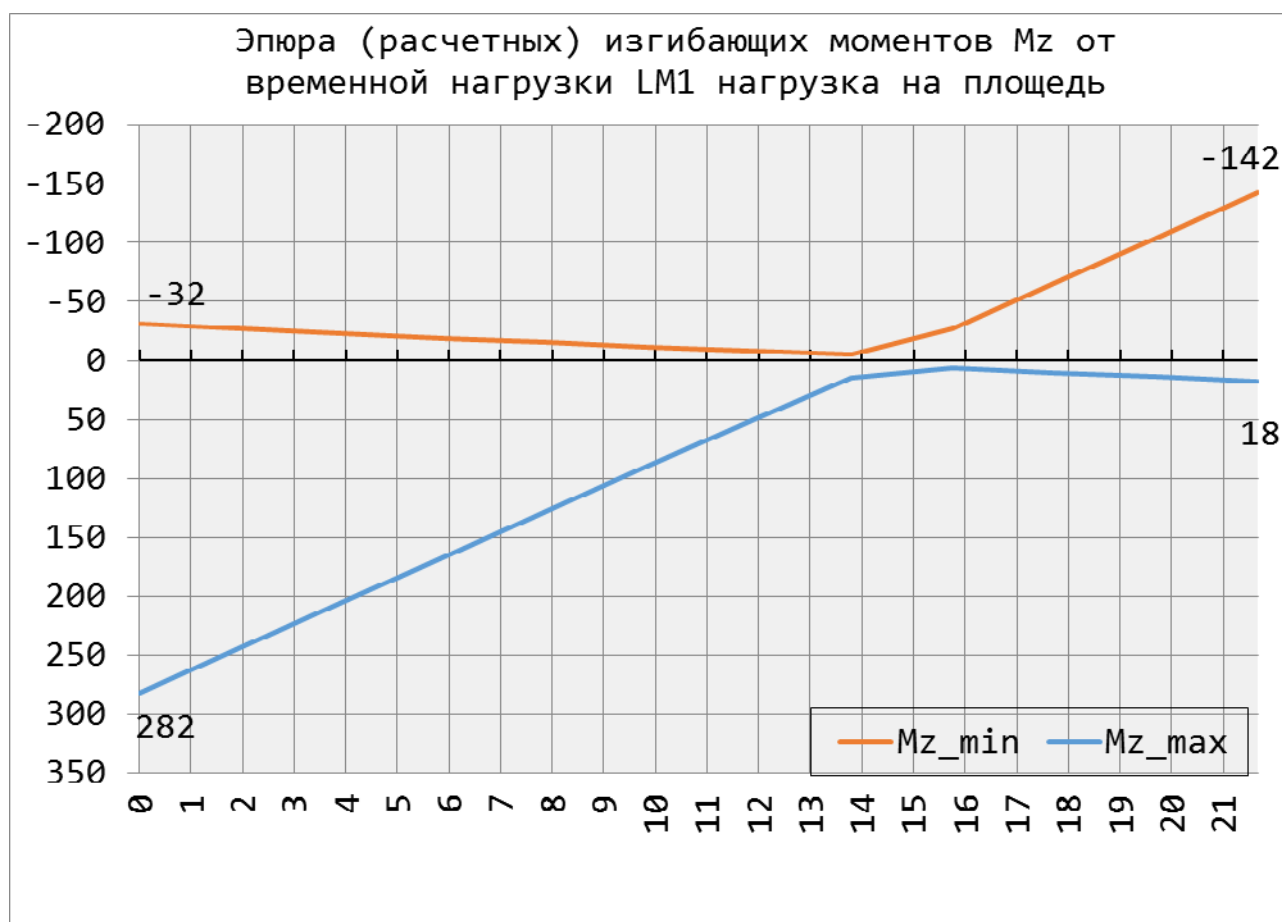
5.4.7 ეპიურები ტანდემისაგან LM1



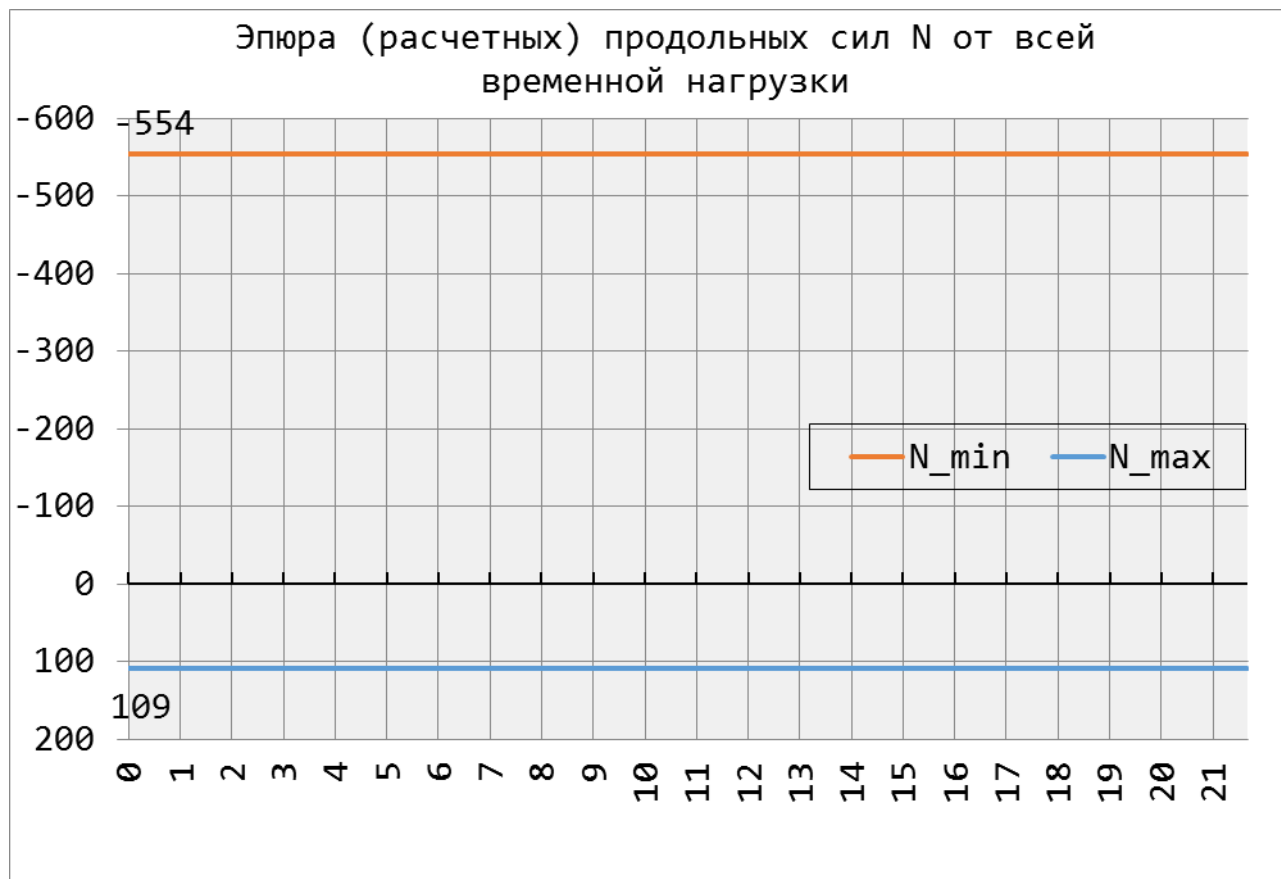


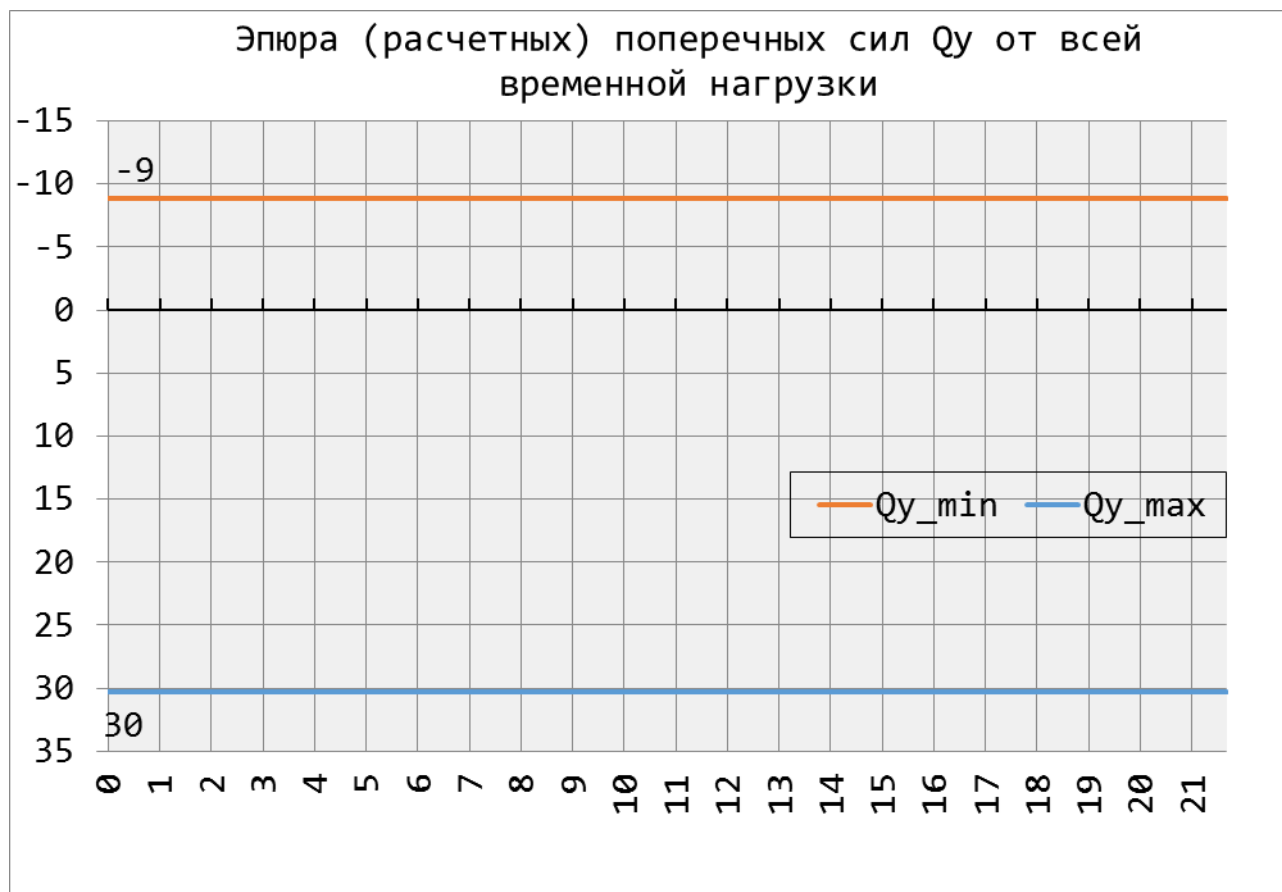
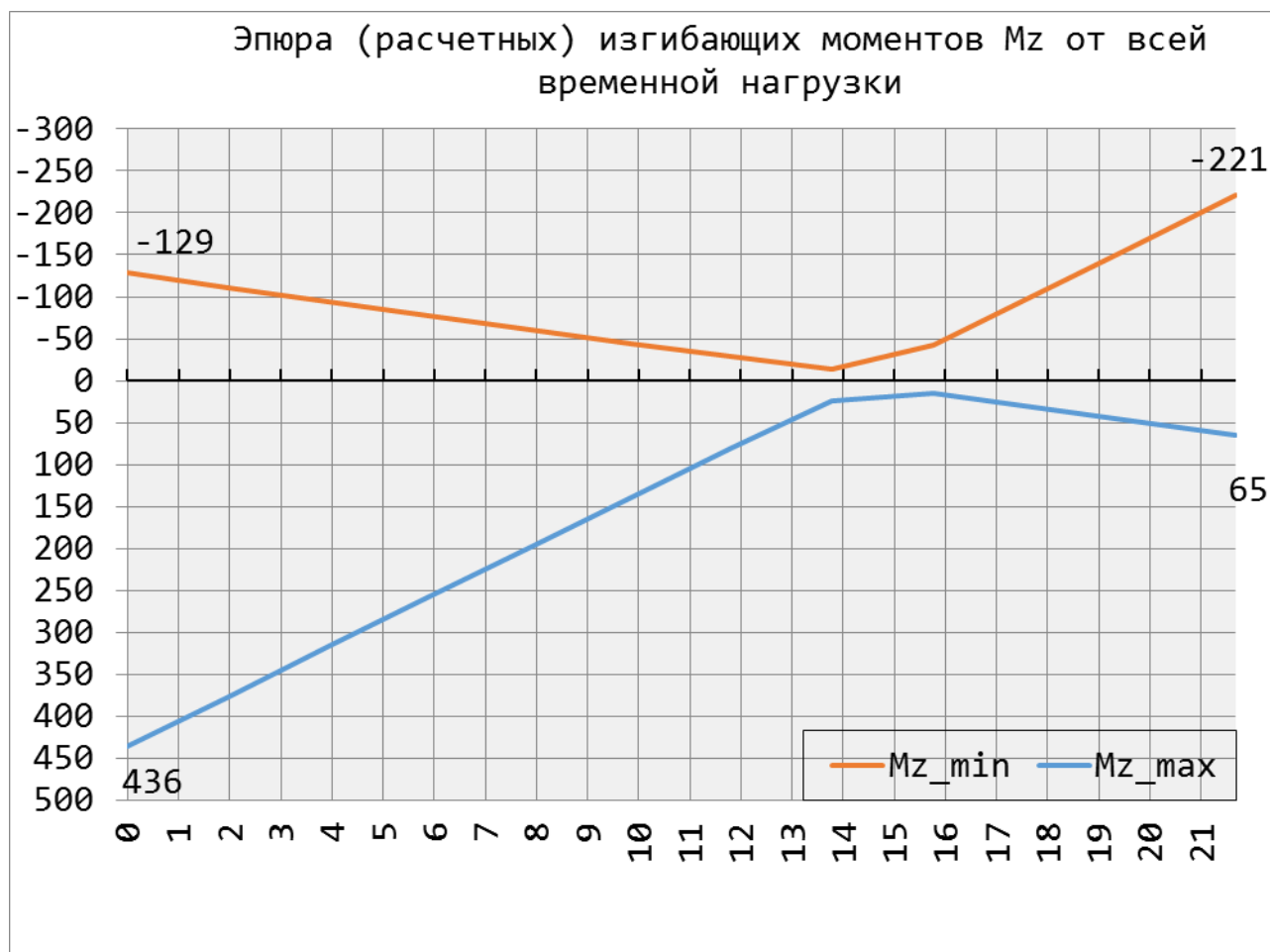
5.4.8 ეპიურები განაწილებული LM1



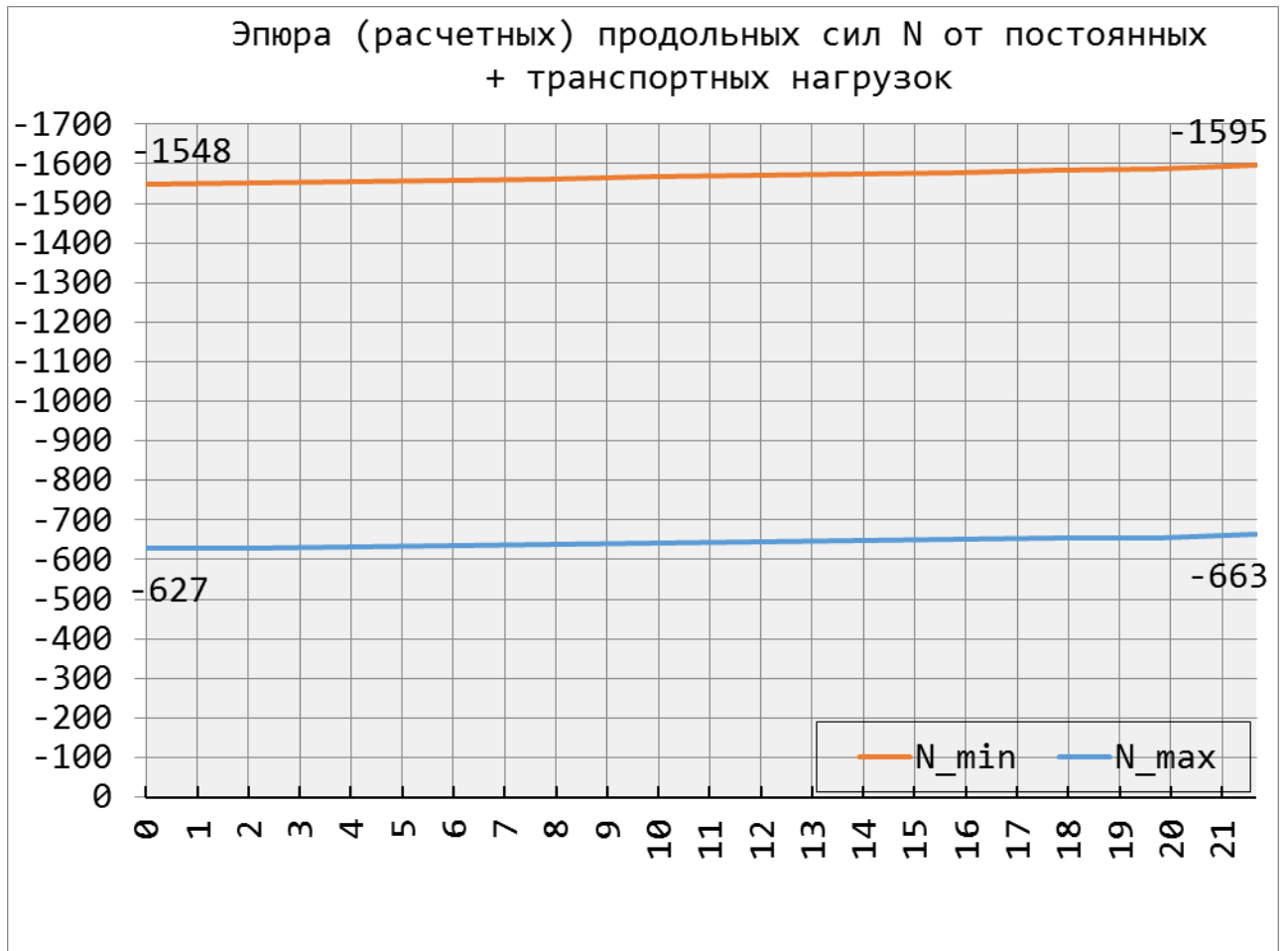


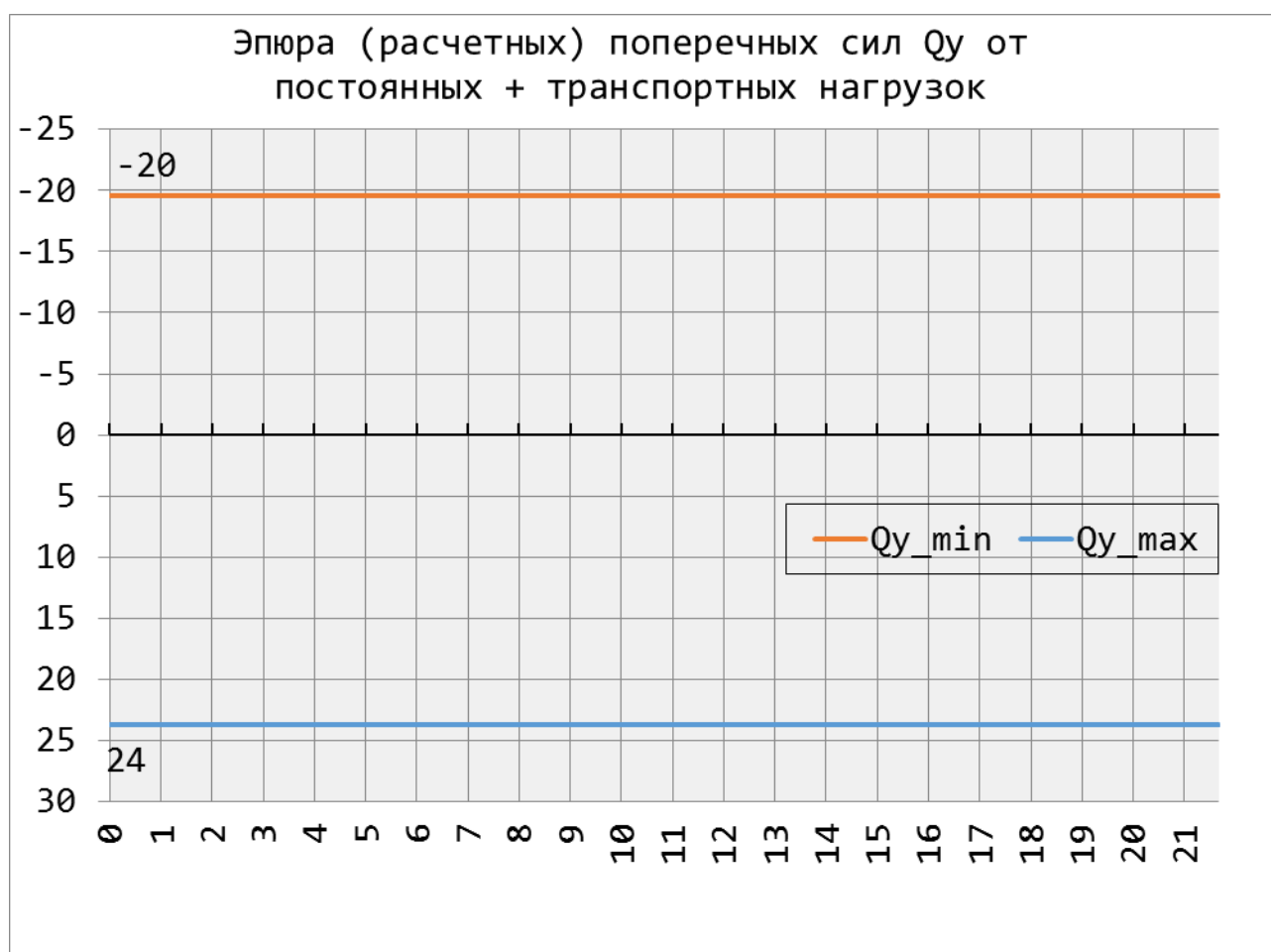
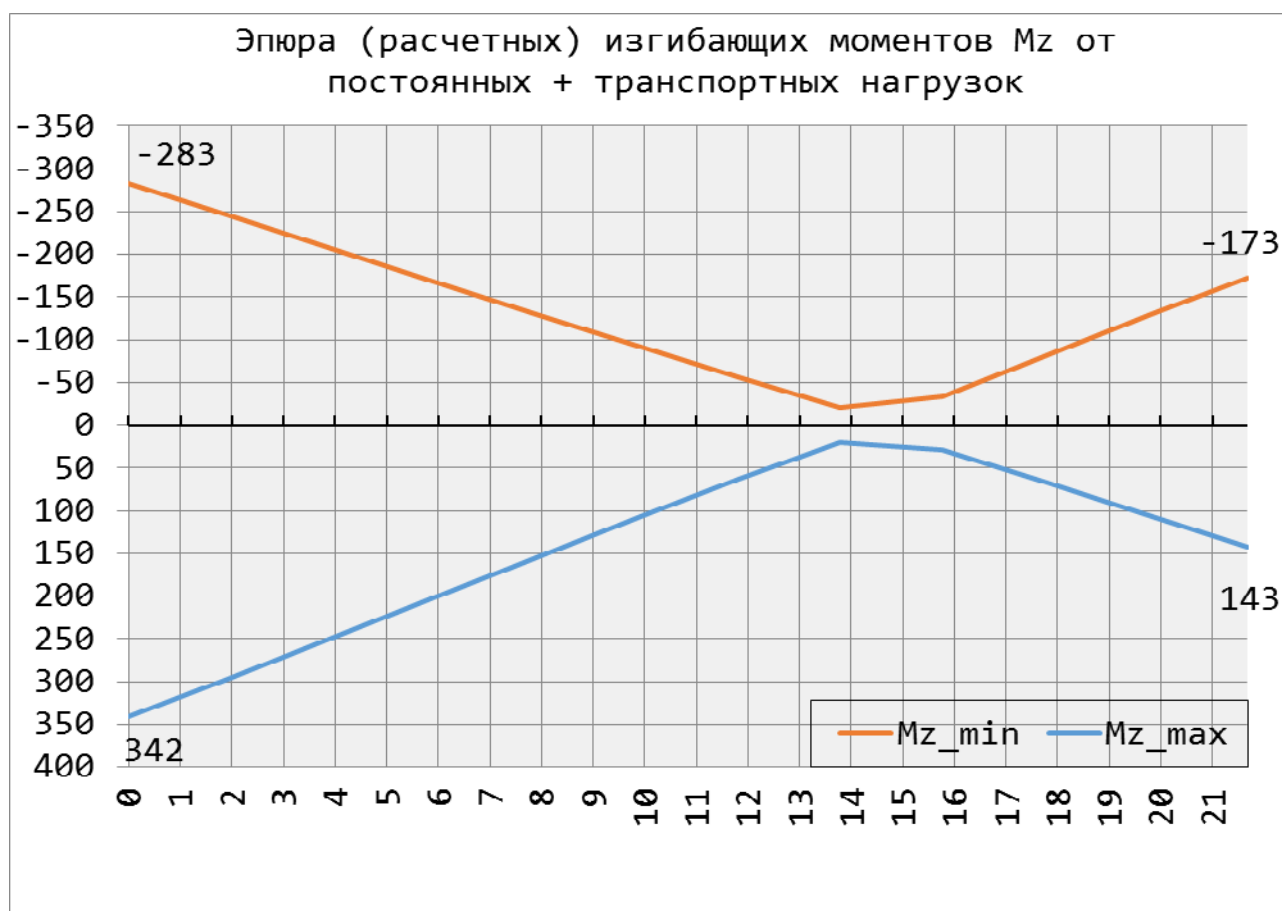
5.4.9 ეპიურები ჯამური LM1





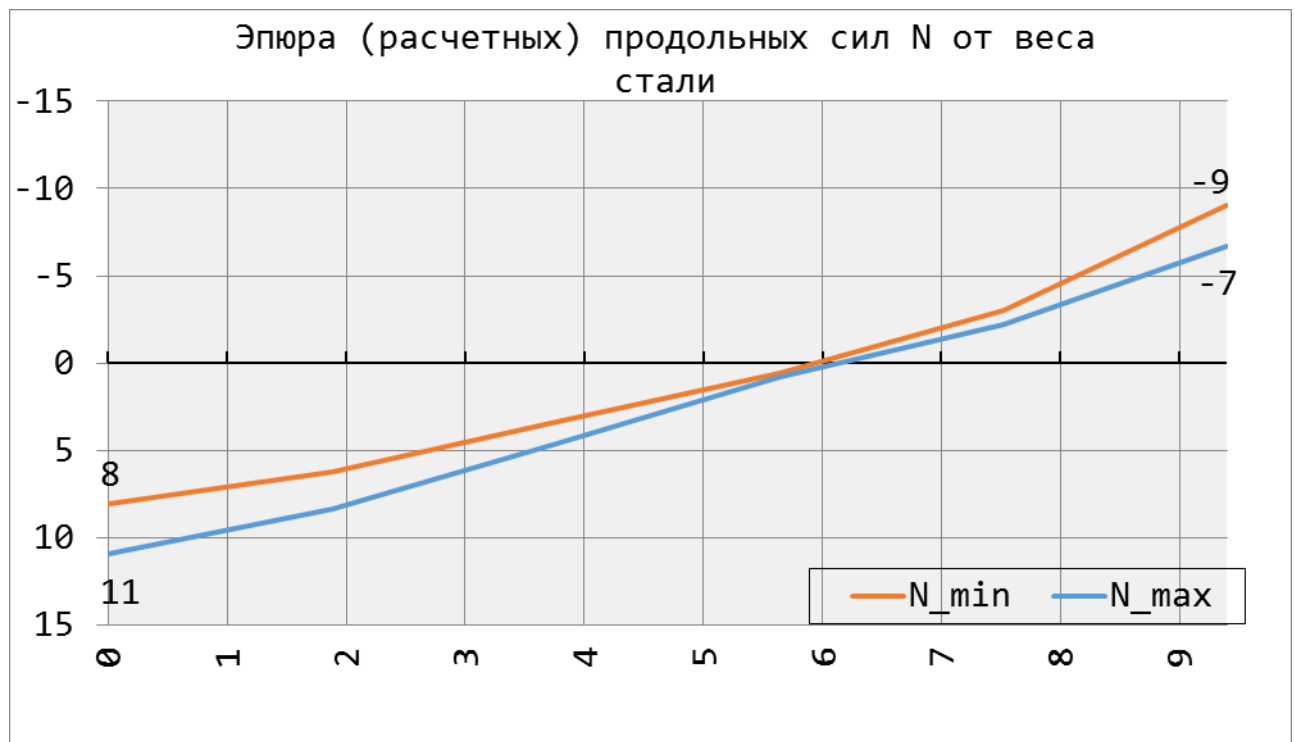
5.4.10 ეპიურები ყველა დატვირთვებისგან

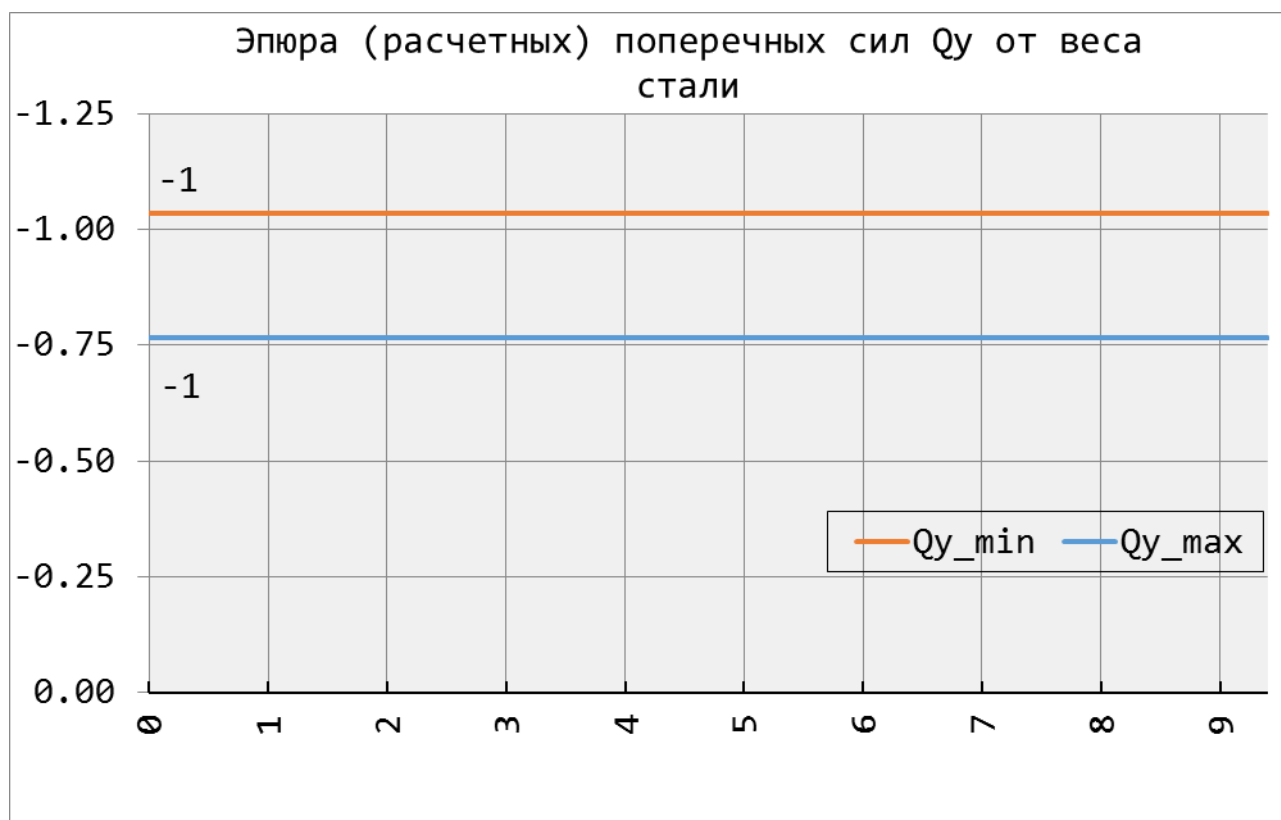
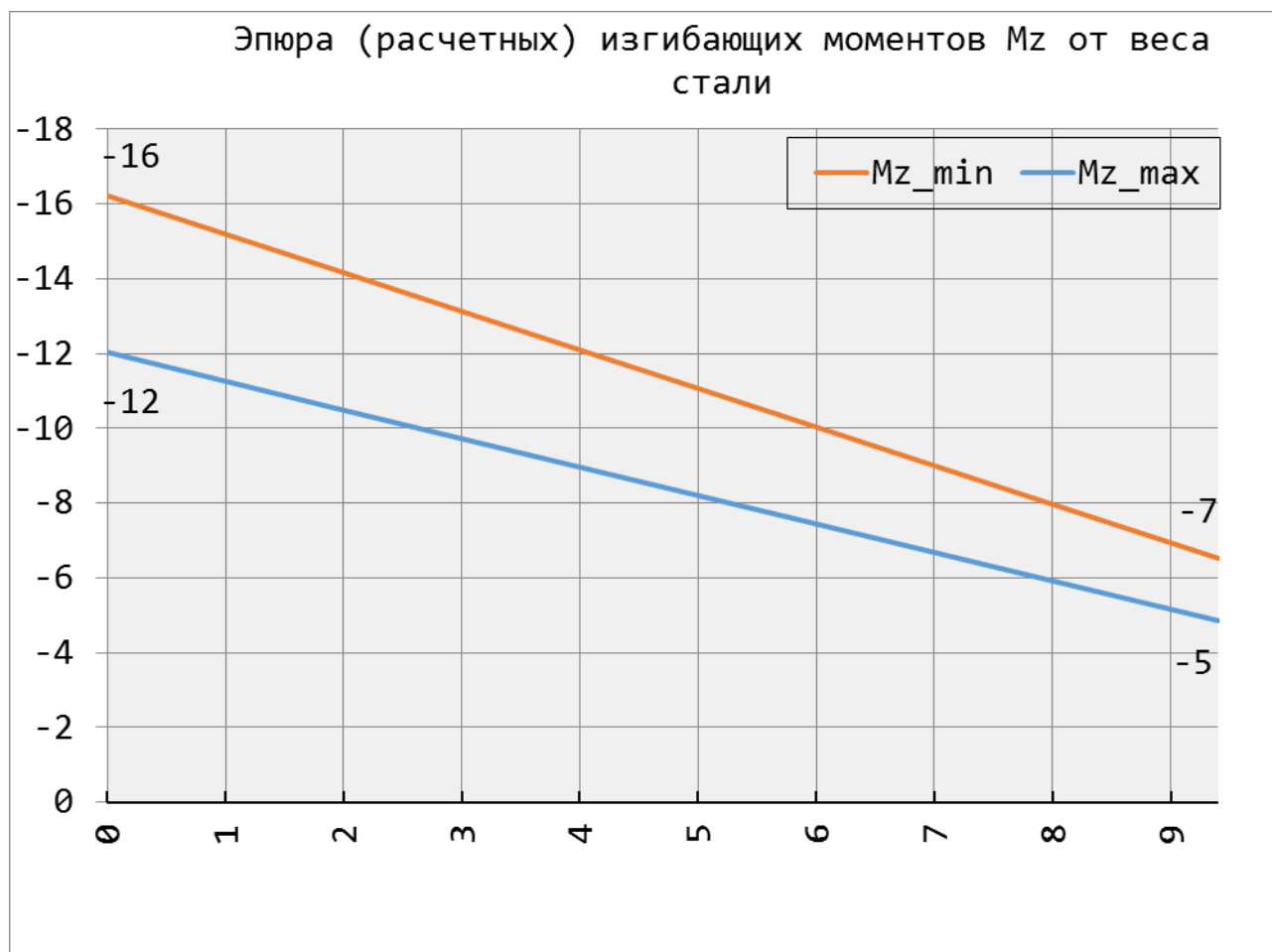




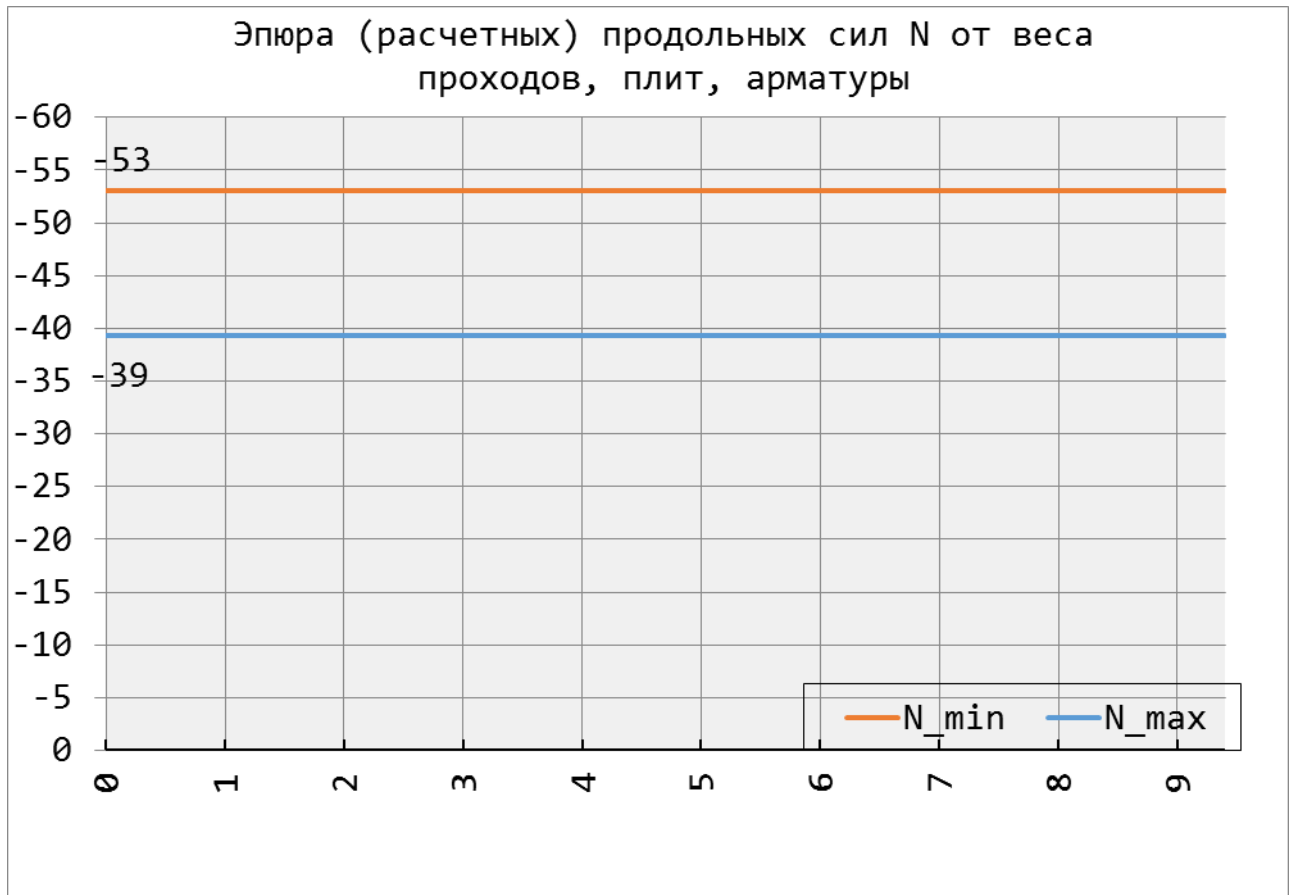
5.5 ძაღვები დგარი 2

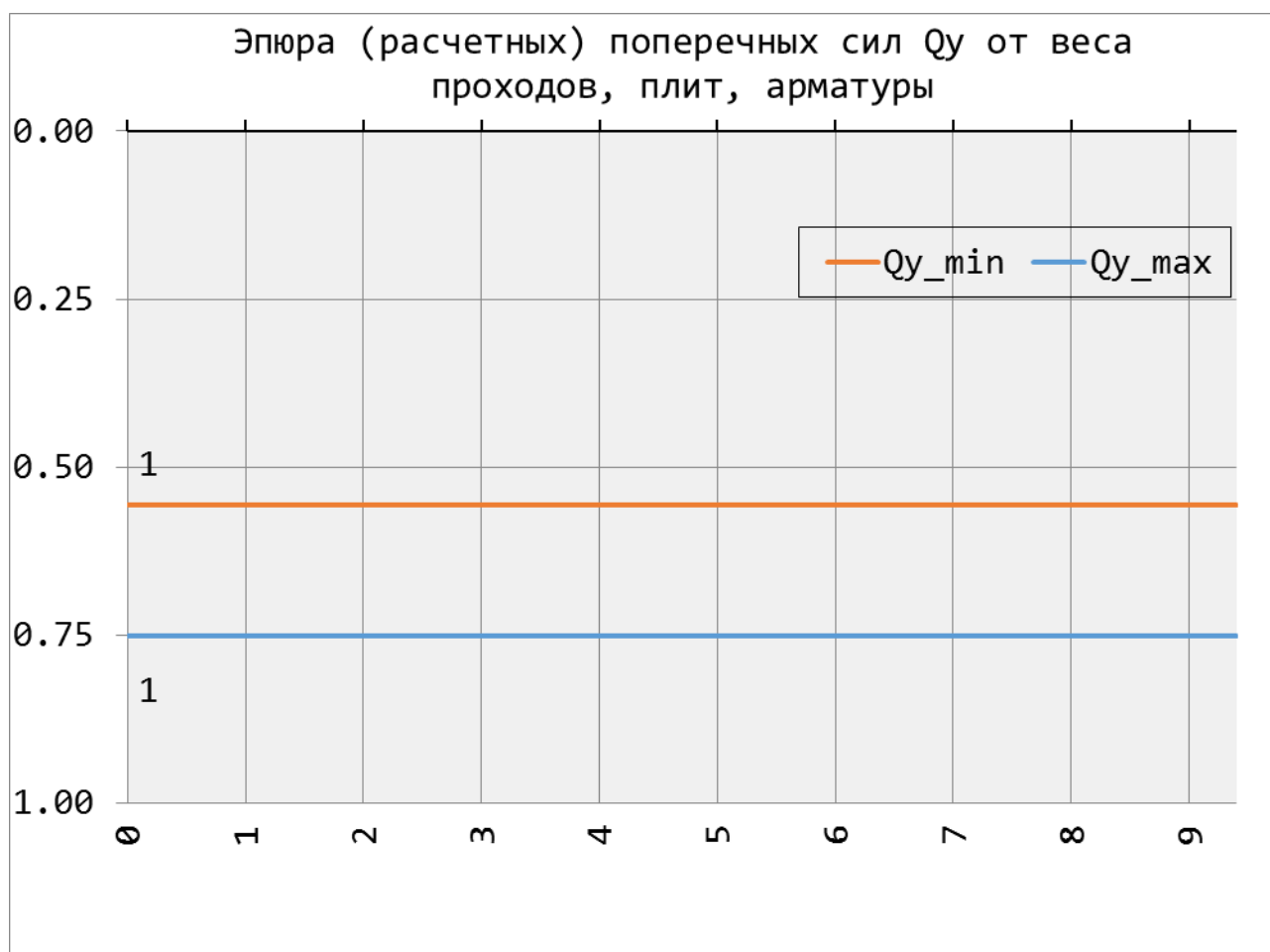
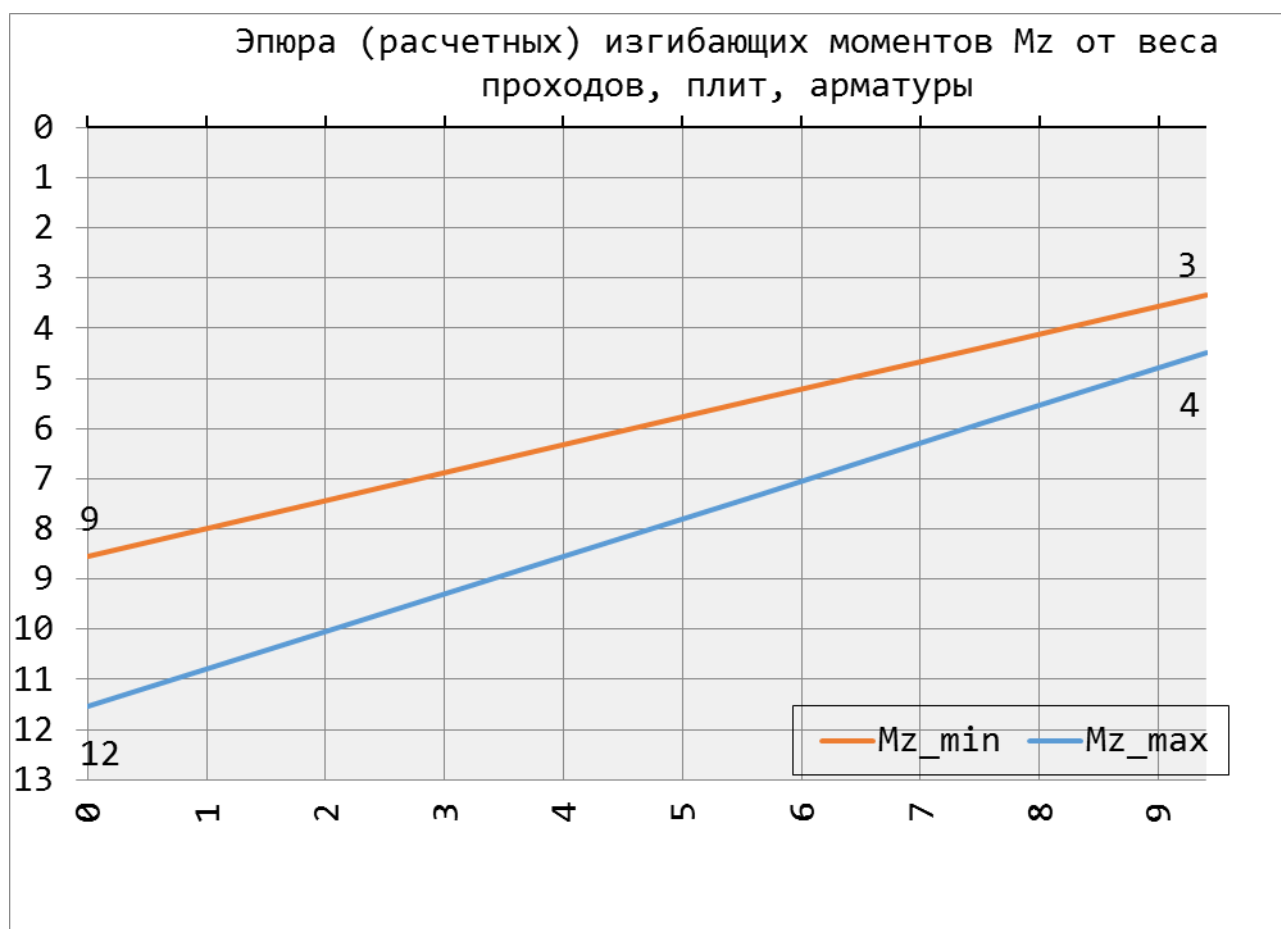
5.5.1 ეპიურები ფოღადის წონისაგან





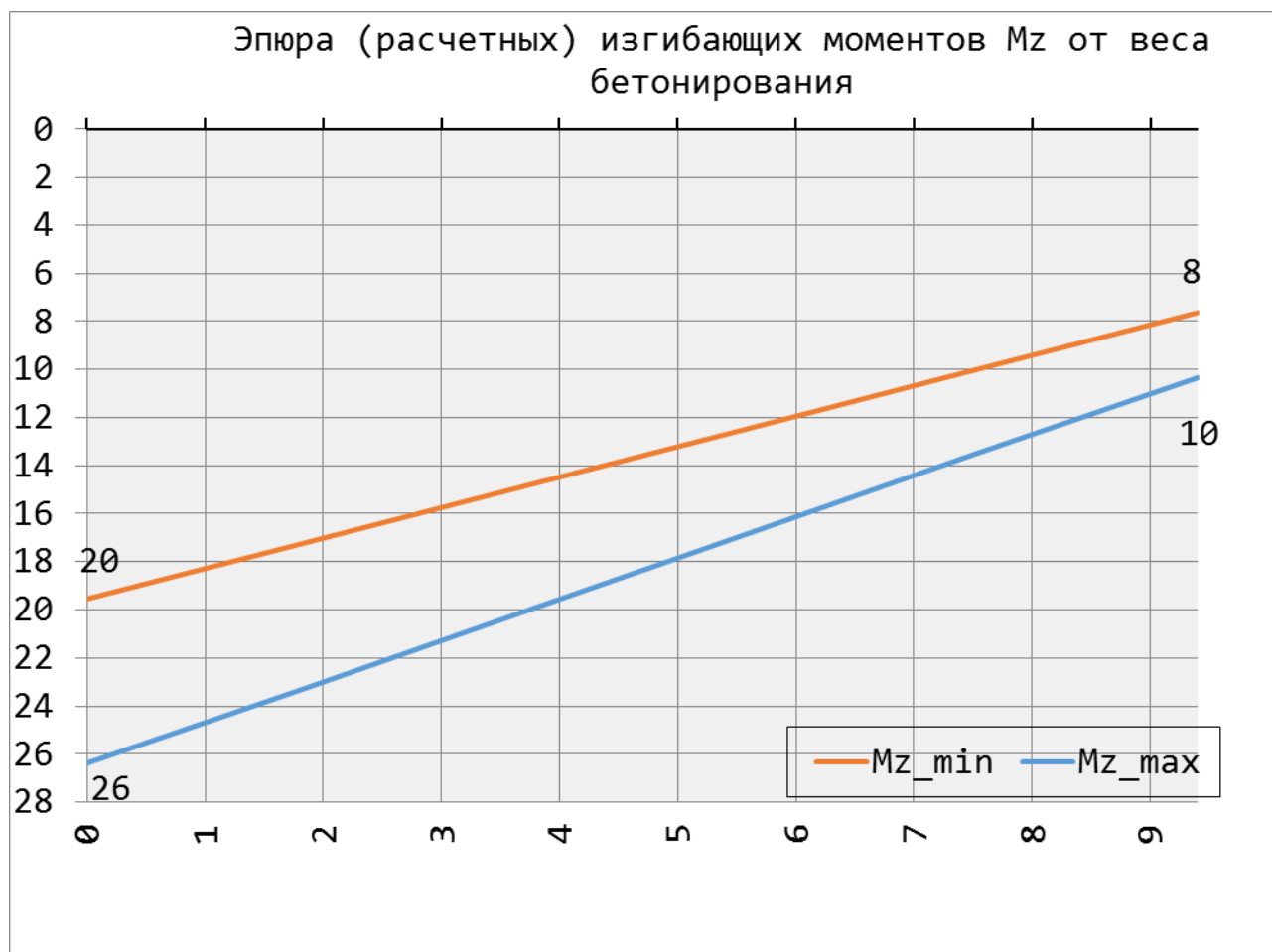
5.5.2 ეპიურები გასასვლელების, ანაკრები ფილების და არმატურის წონისაგან



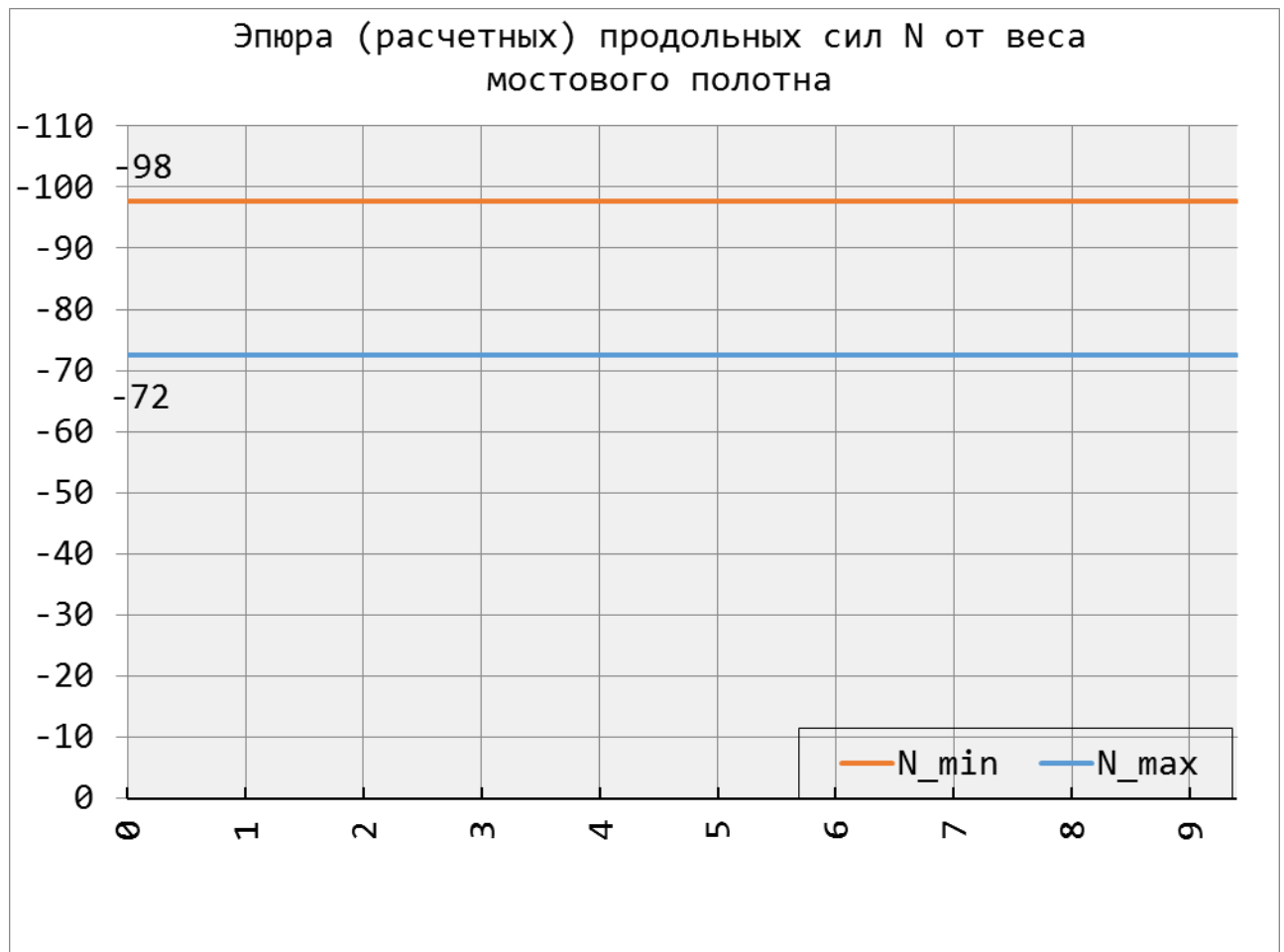


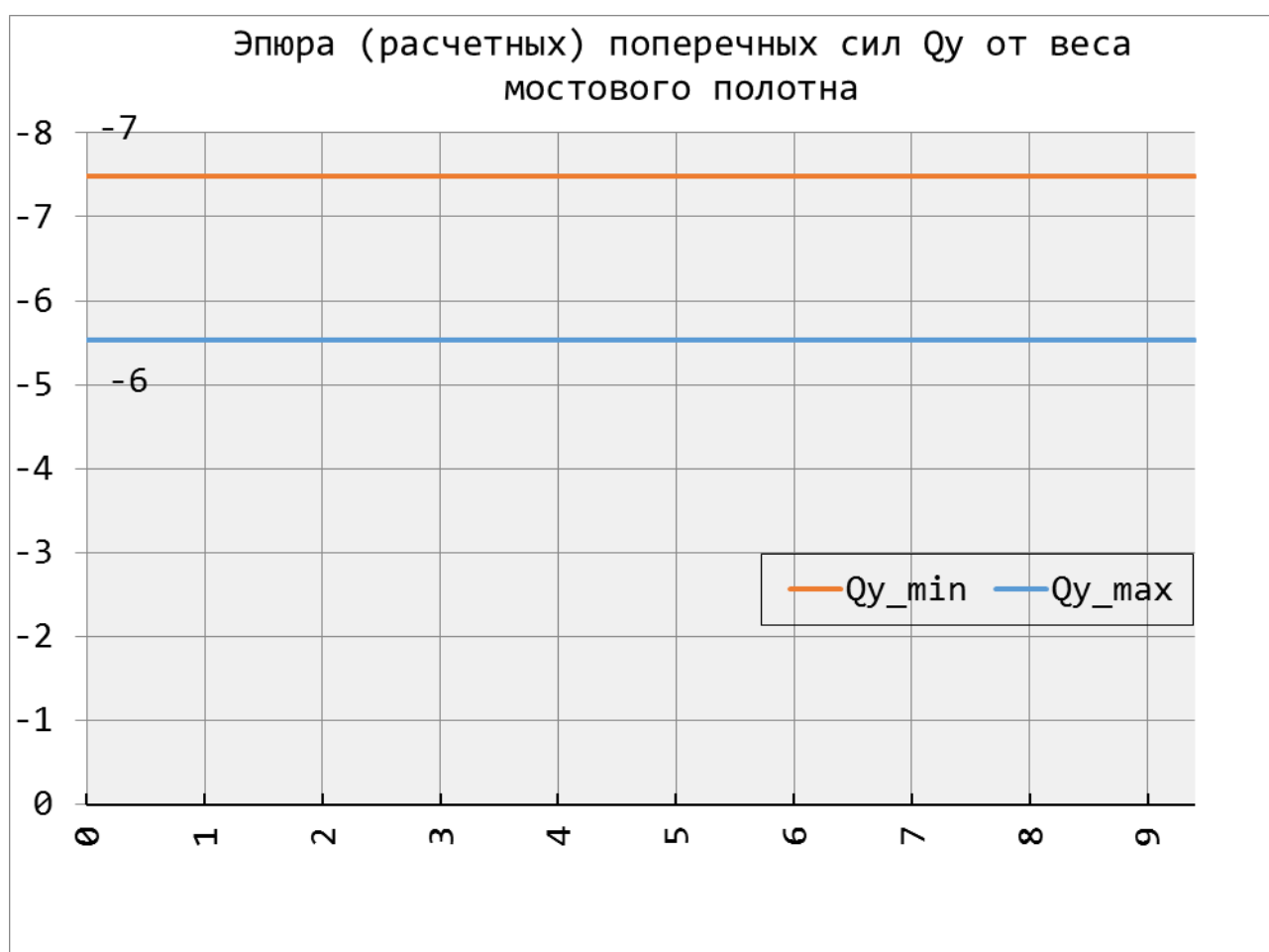
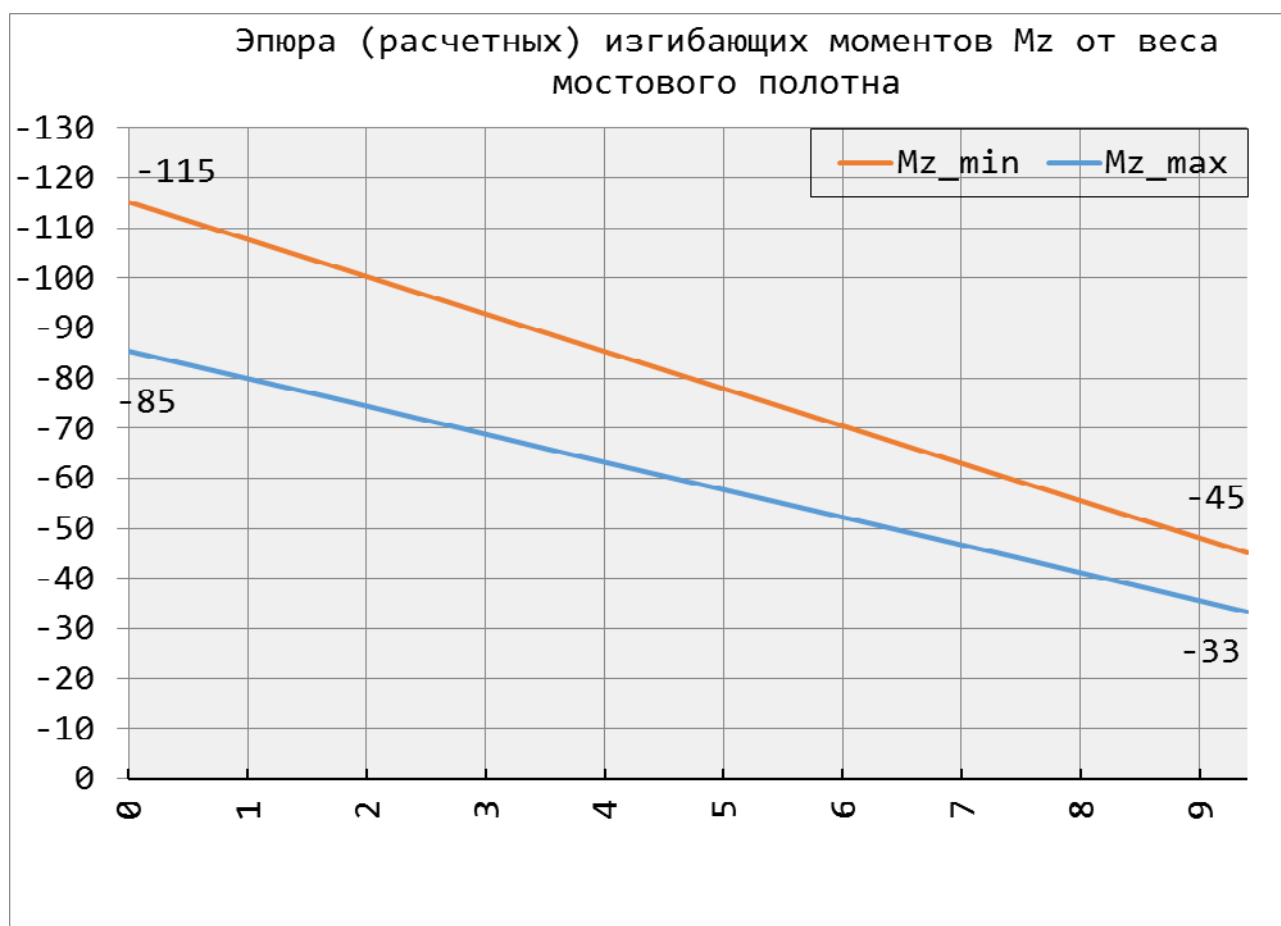
5.5.3 ეპიურები ბეტონის წონისაგან



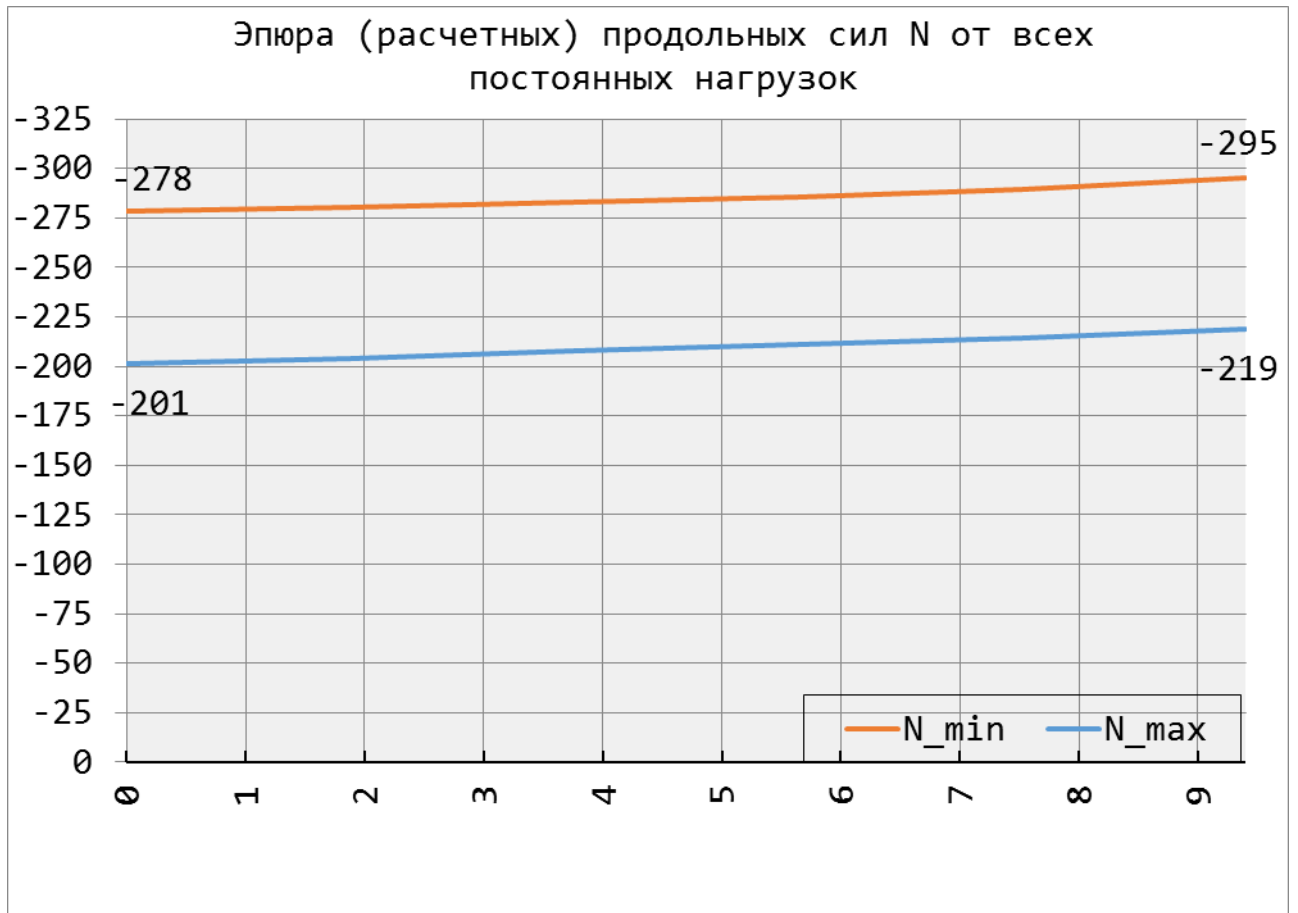


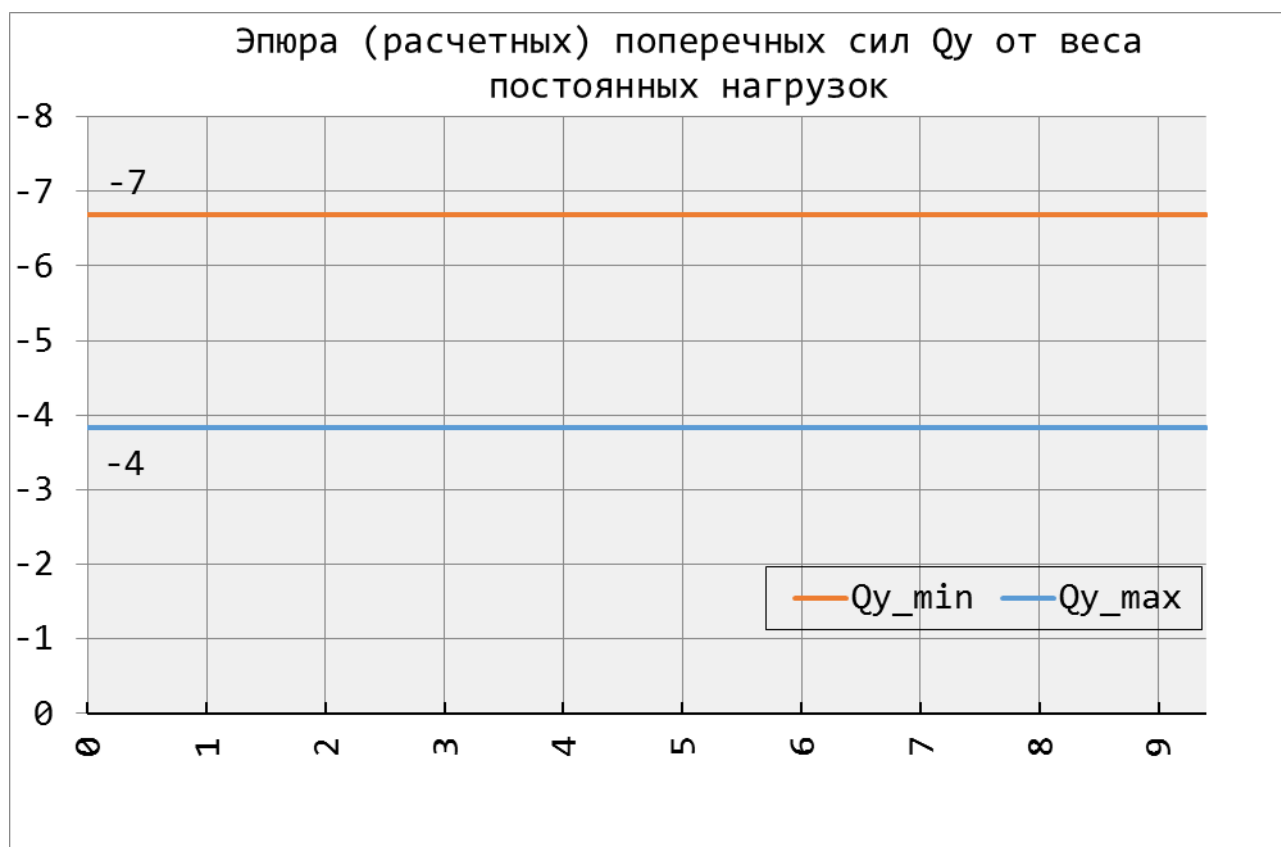
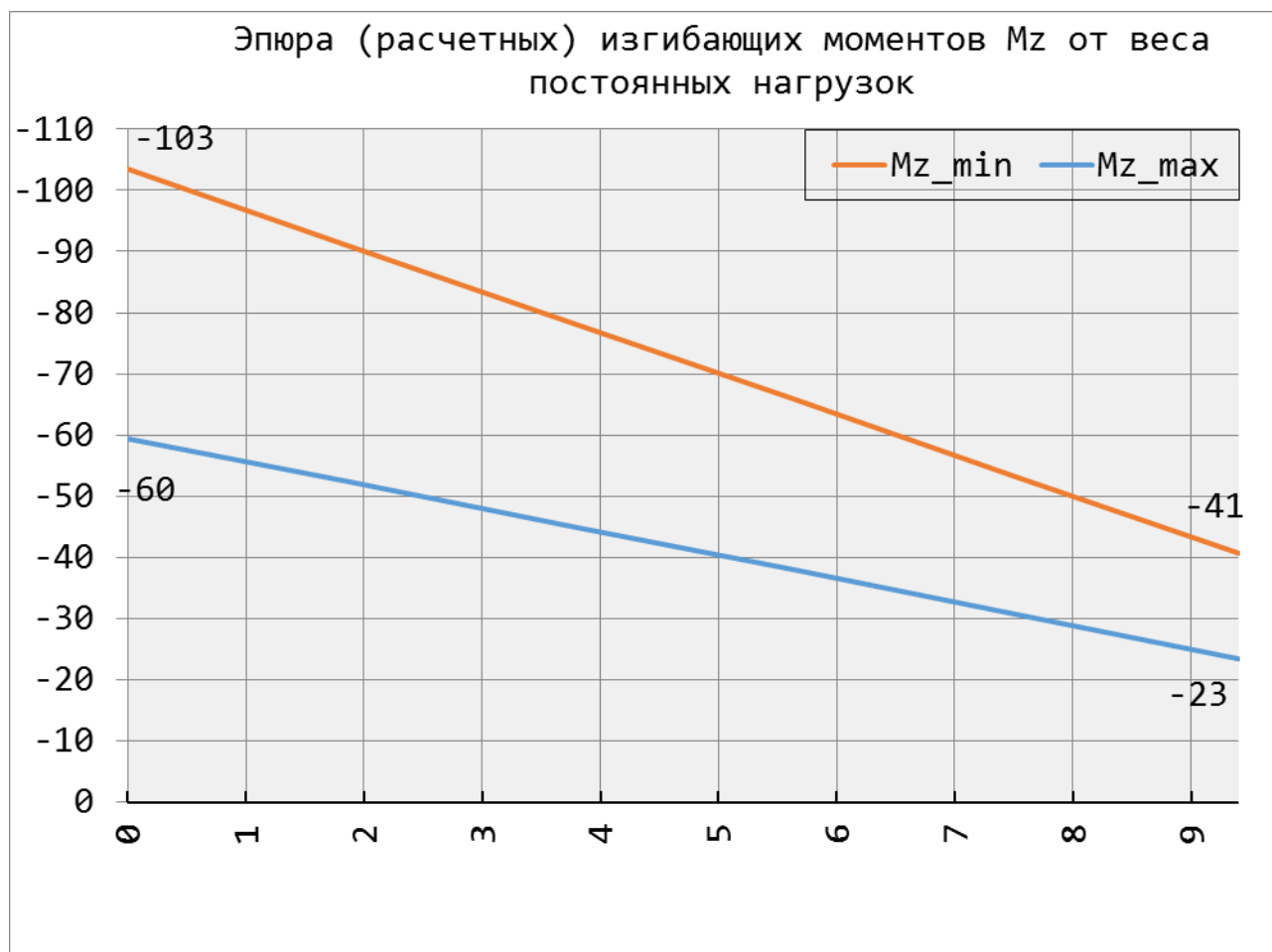
5.5.4 ეპიურები ხიდის ვაკისის წონისაგან



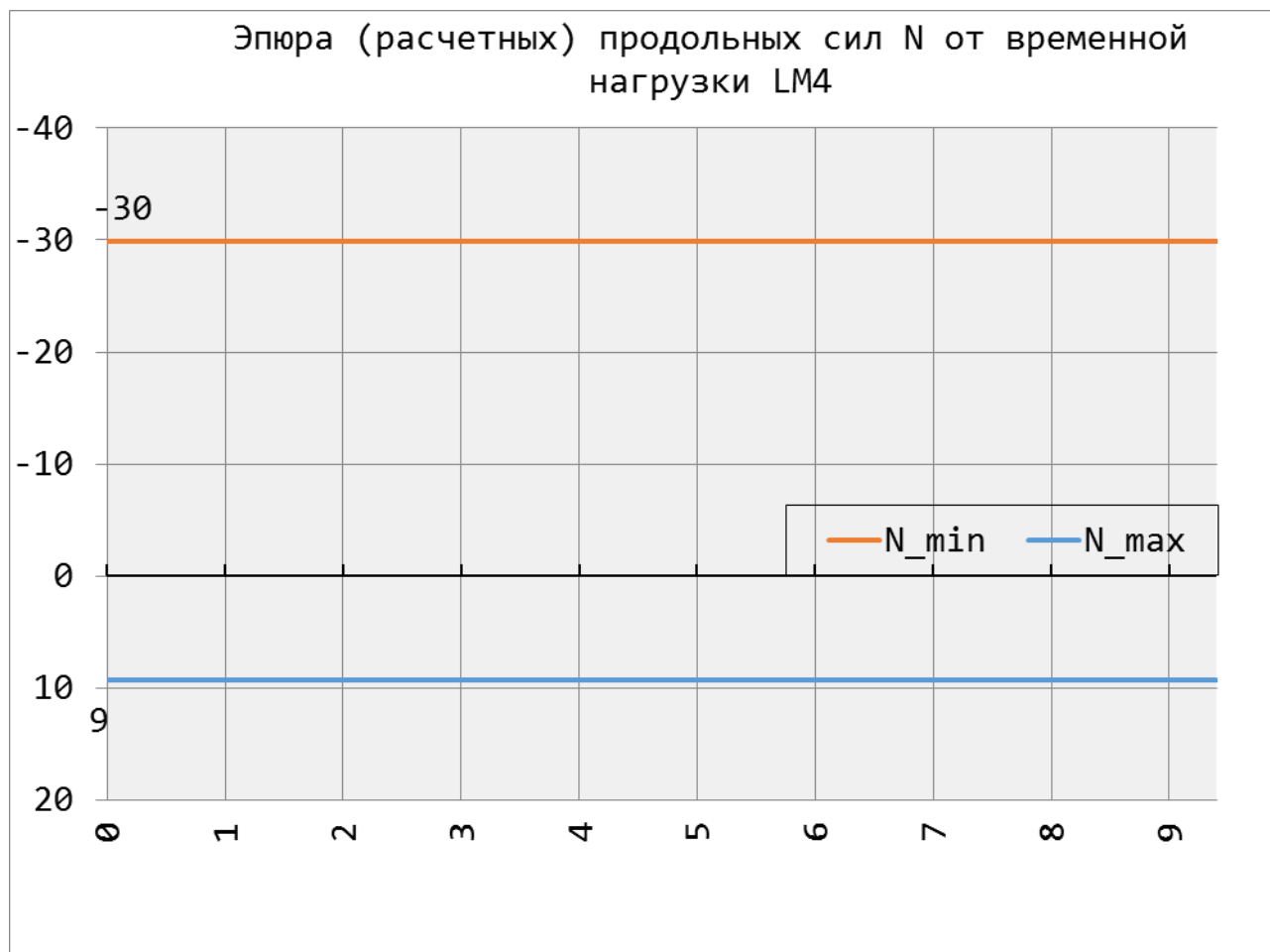


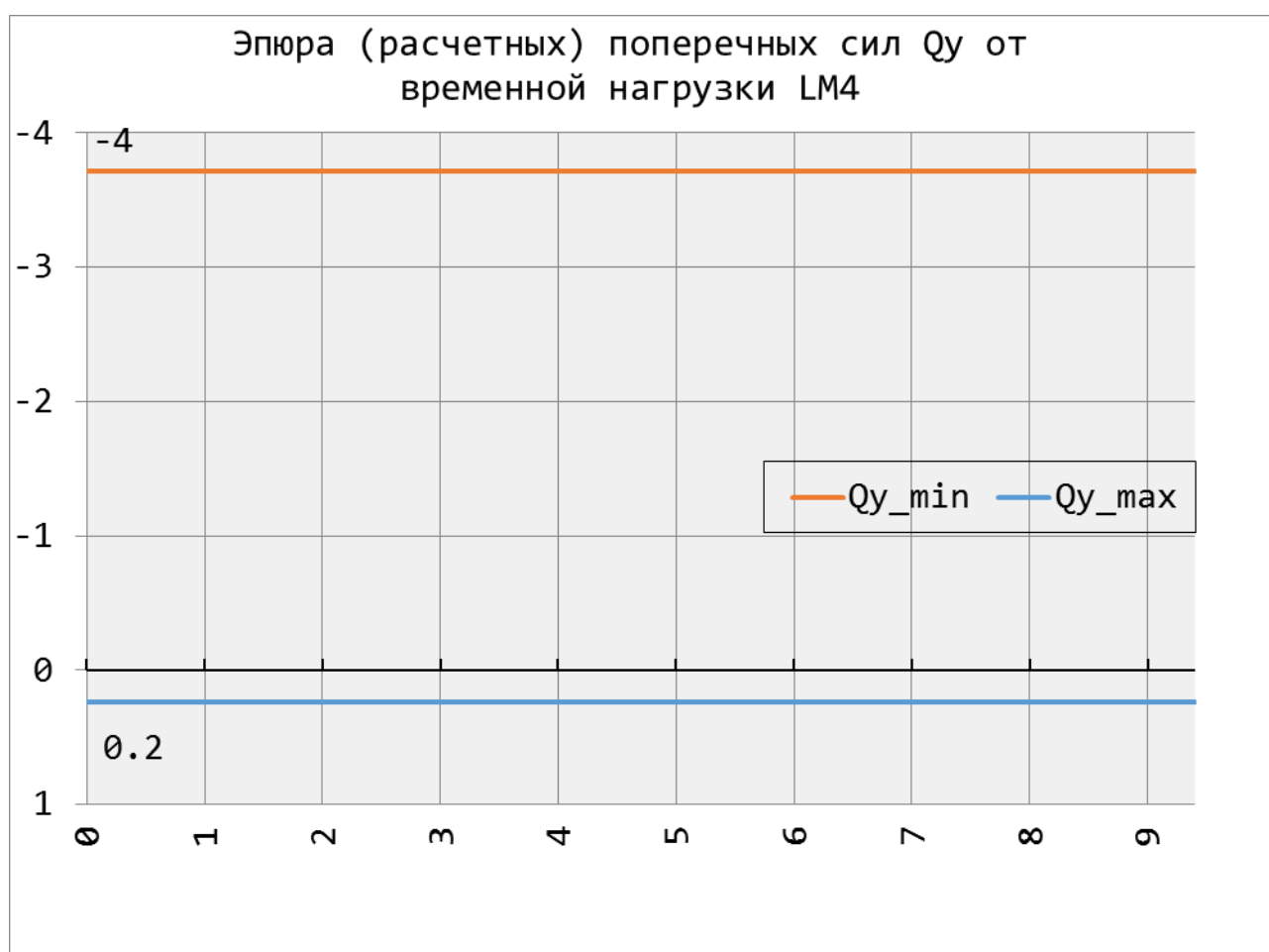
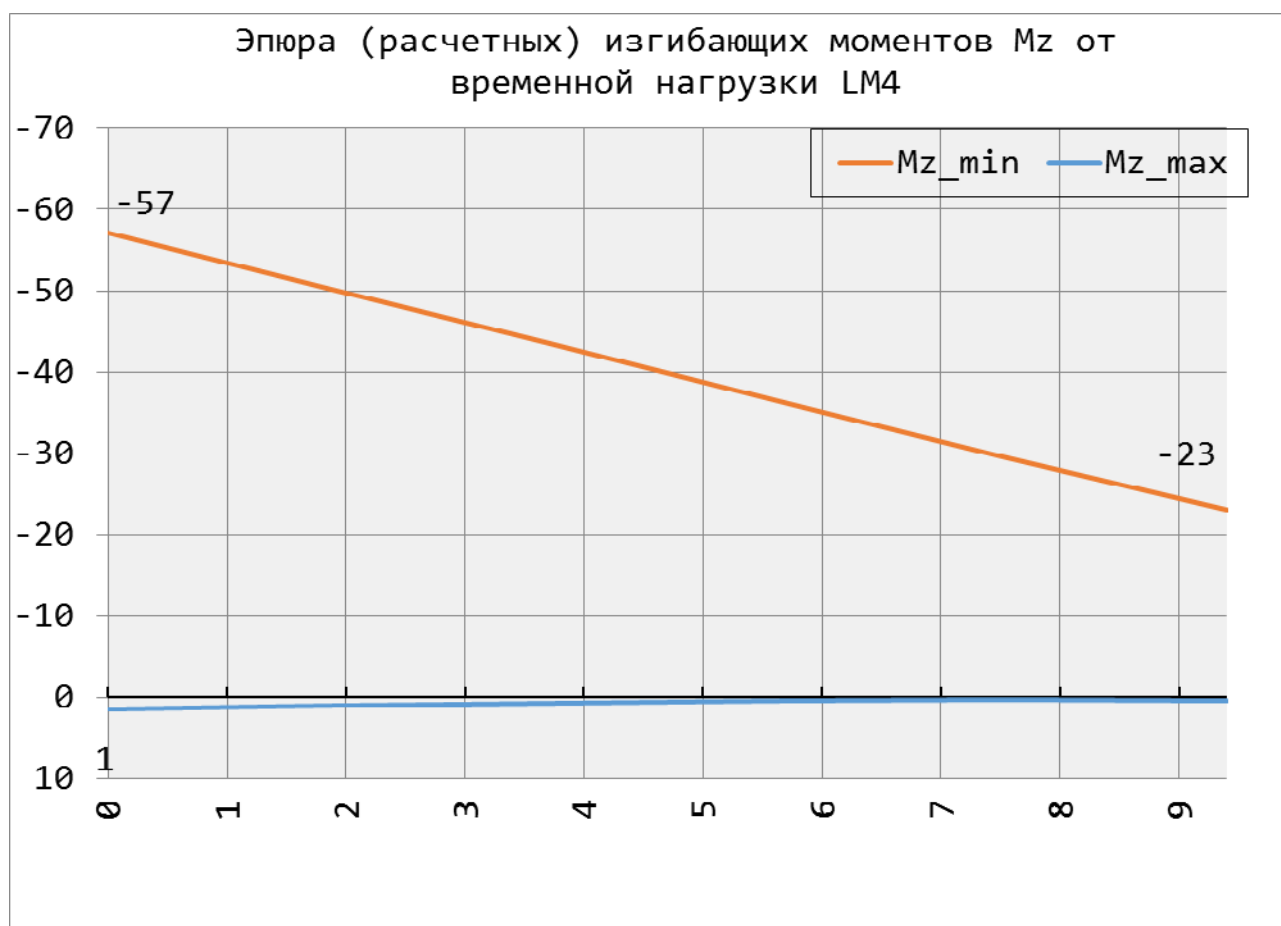
5.5.5 ეპიურები ყველა მუდმივი დატვირთვებისგან



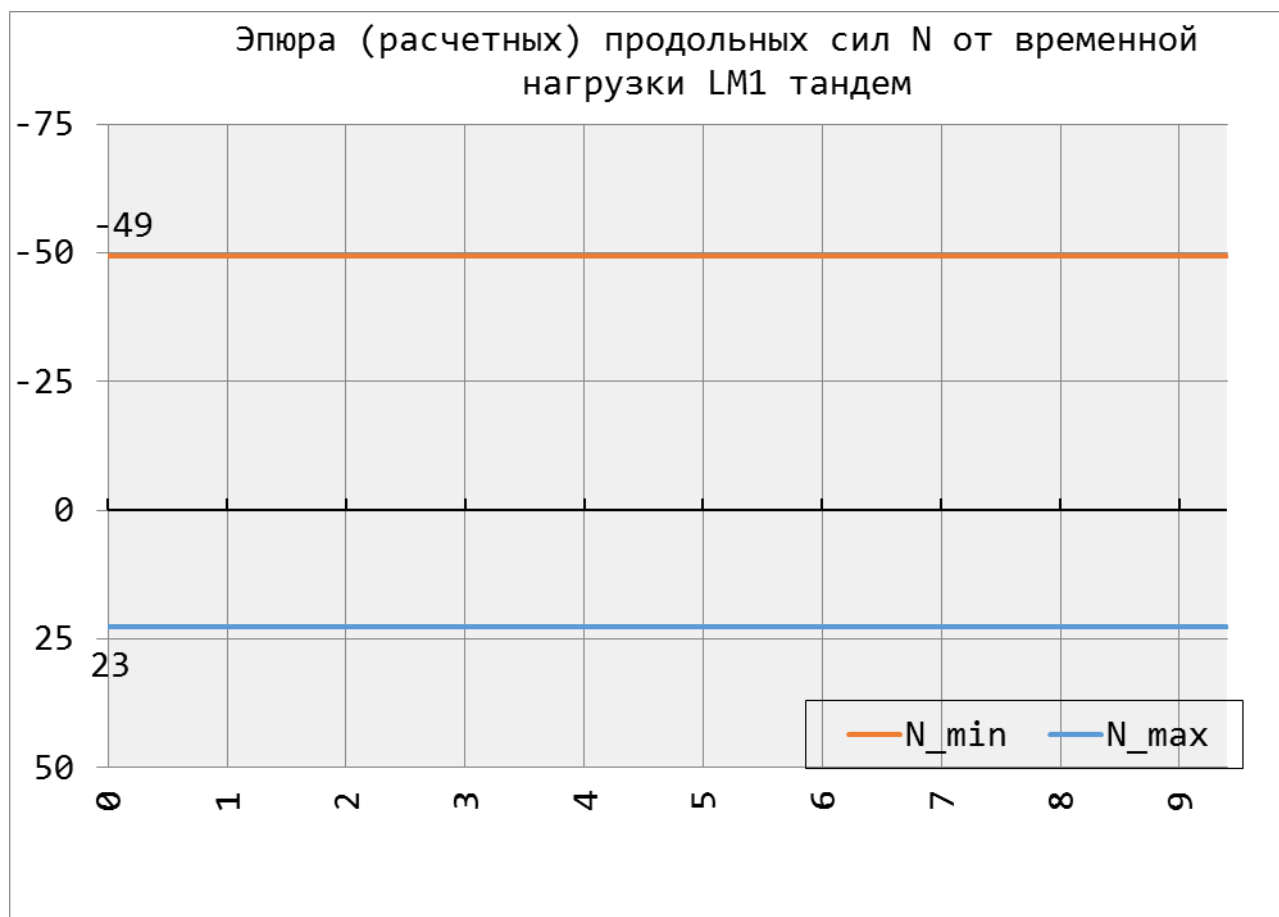


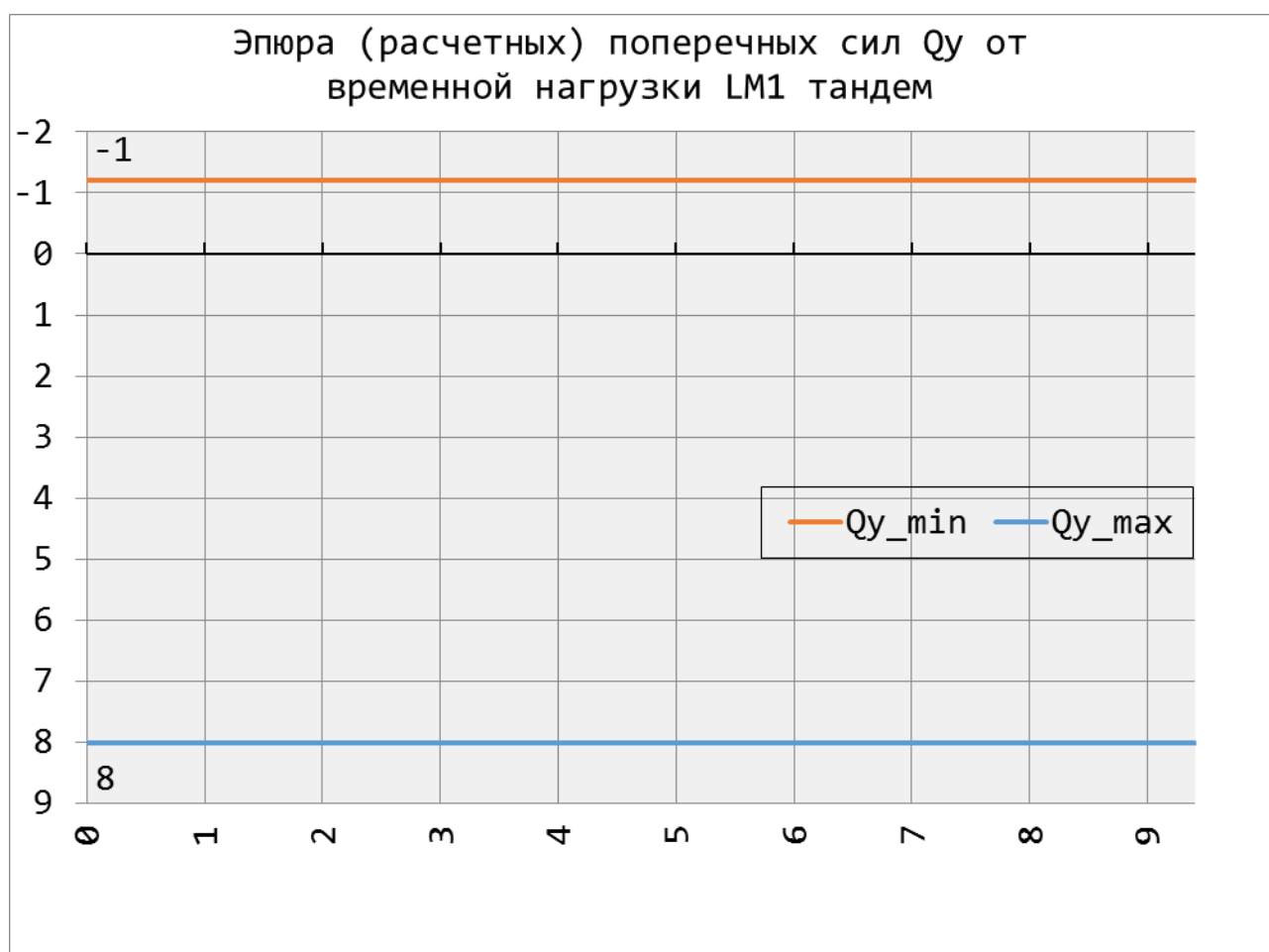
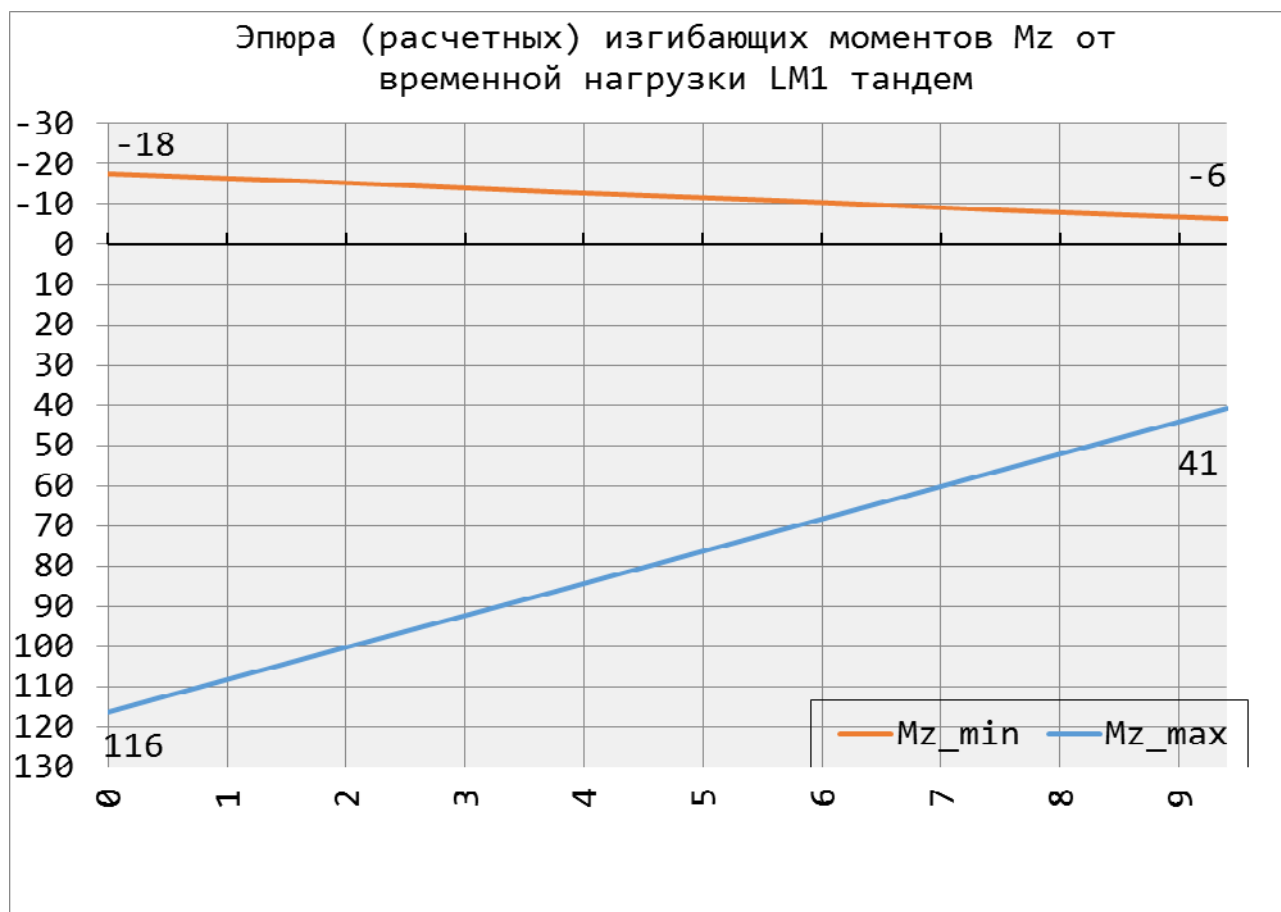
5.5.6 ეპიურები ფეხით მოსიარულეთაგან LM4



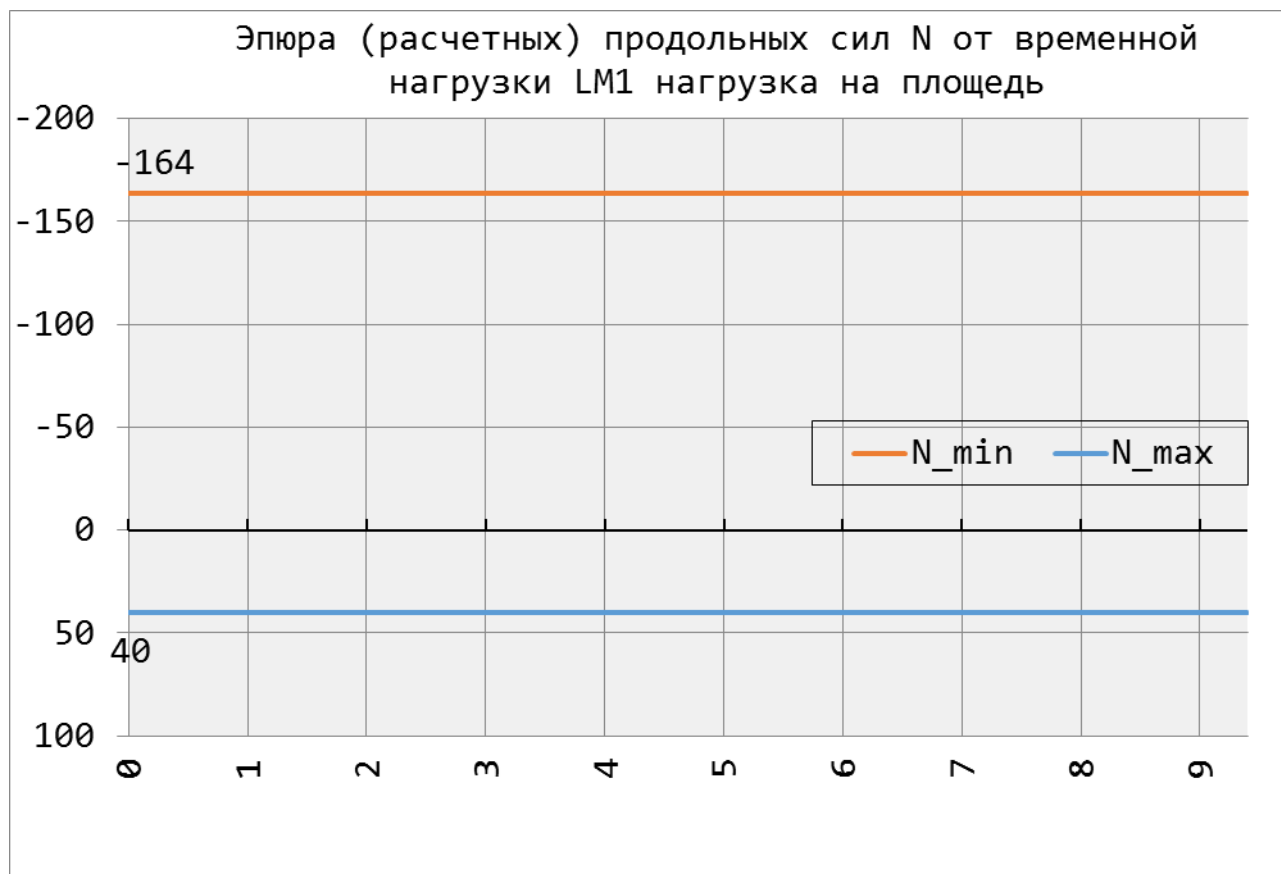


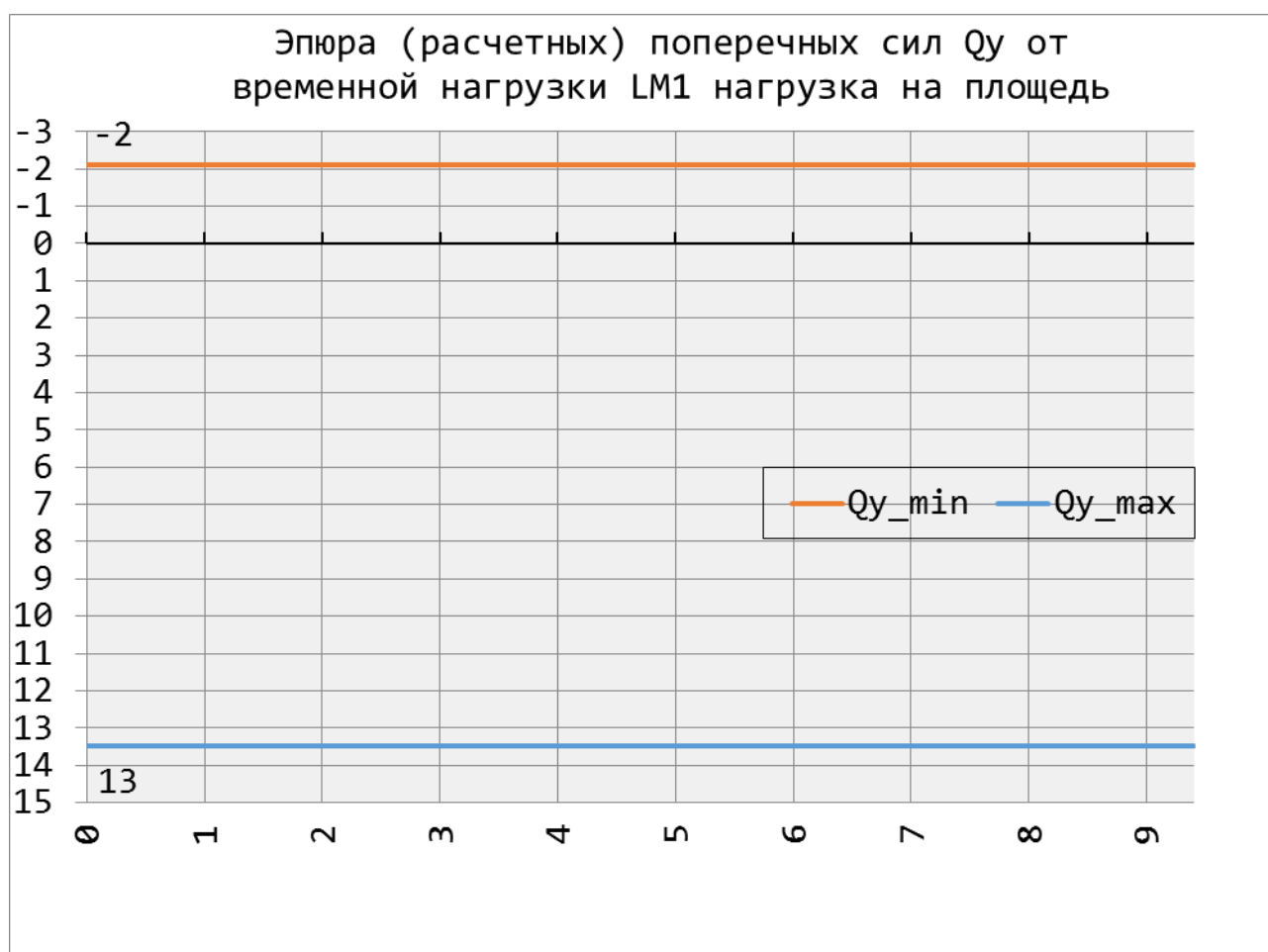
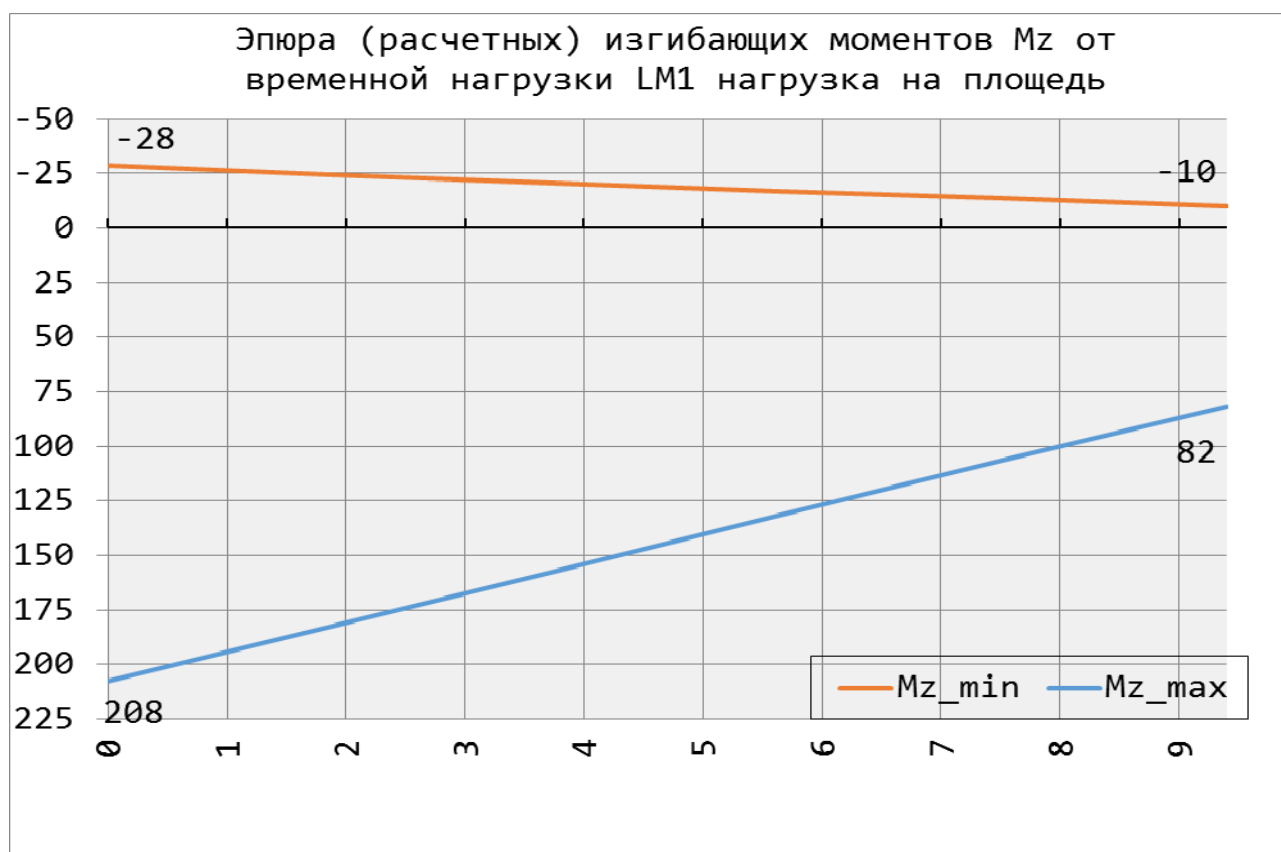
5.5.7 ეპიურები ტანდემისაგან LM1



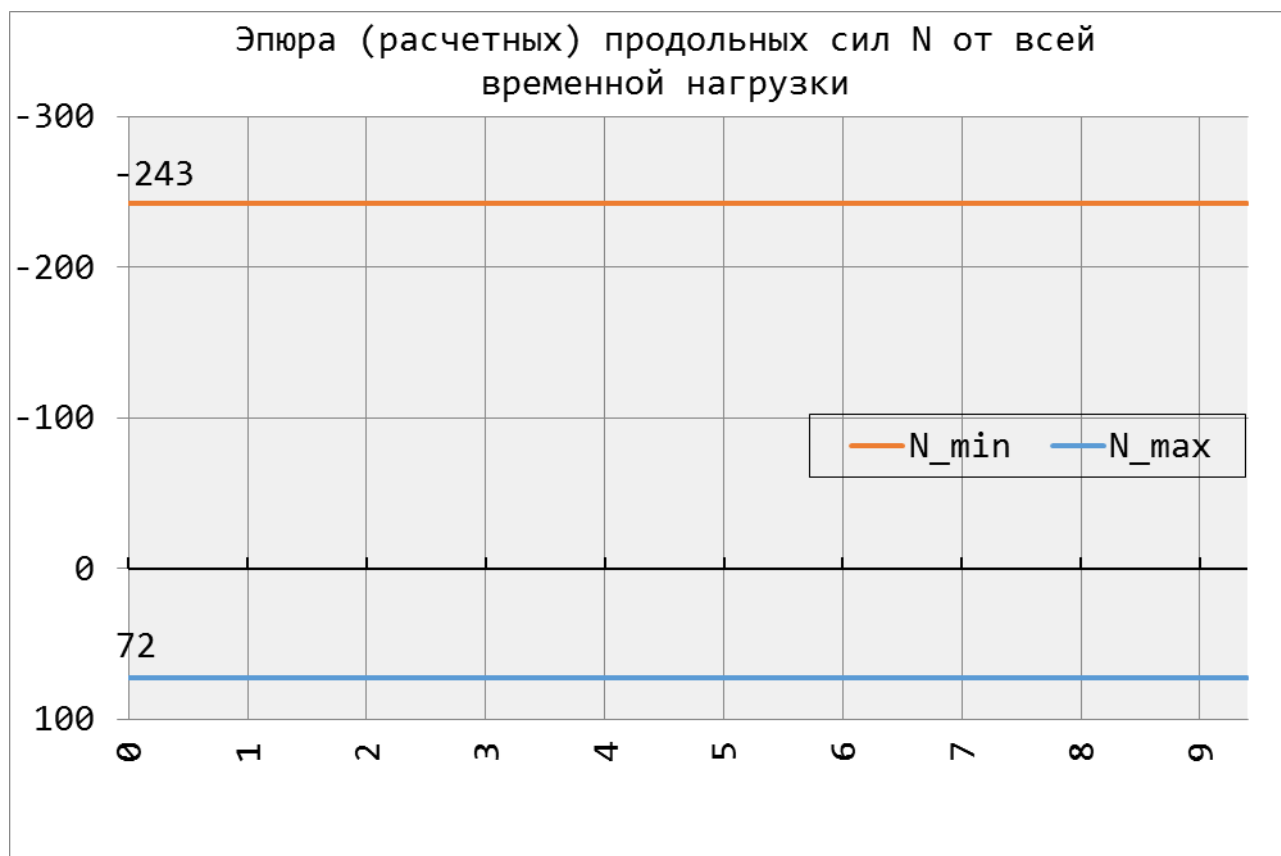


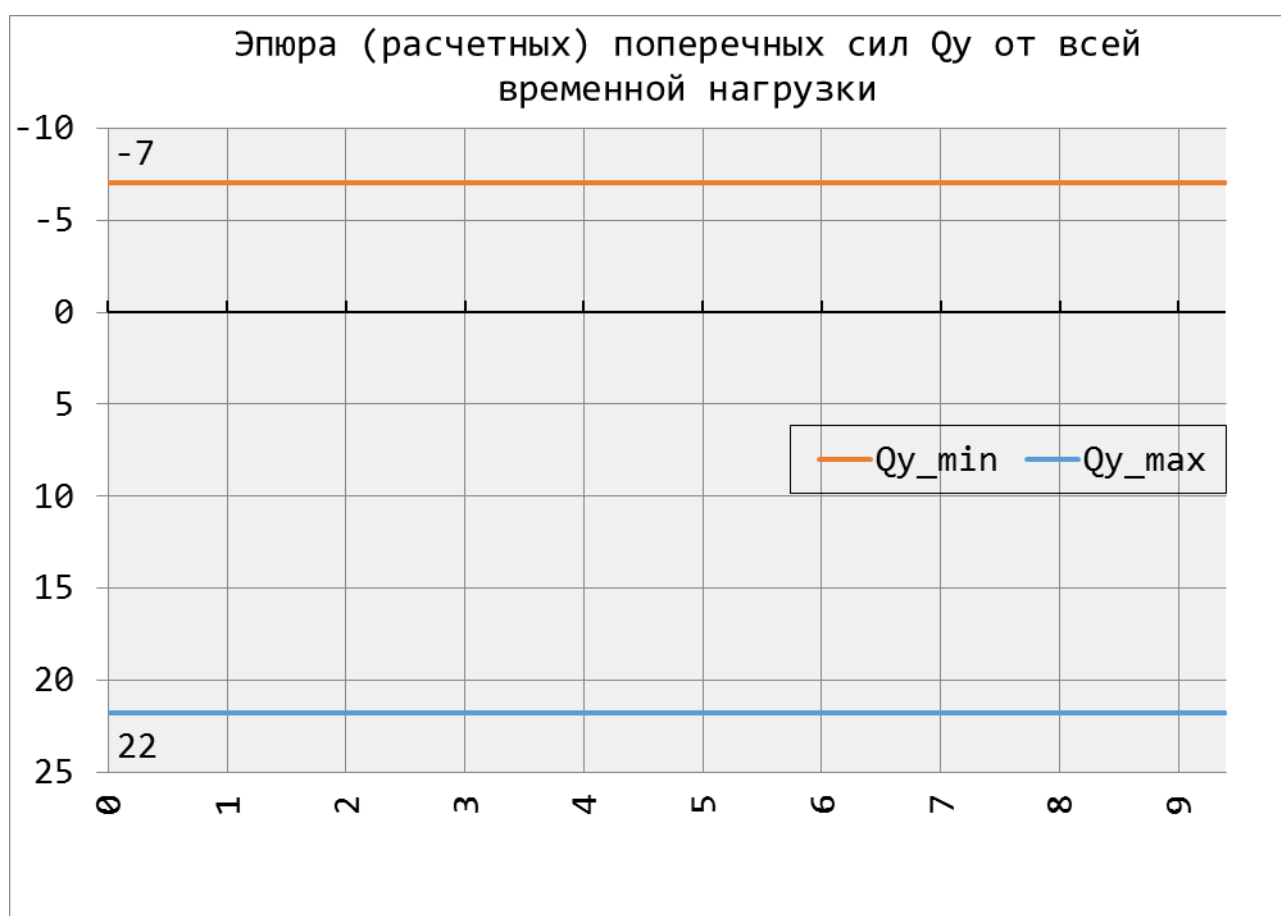
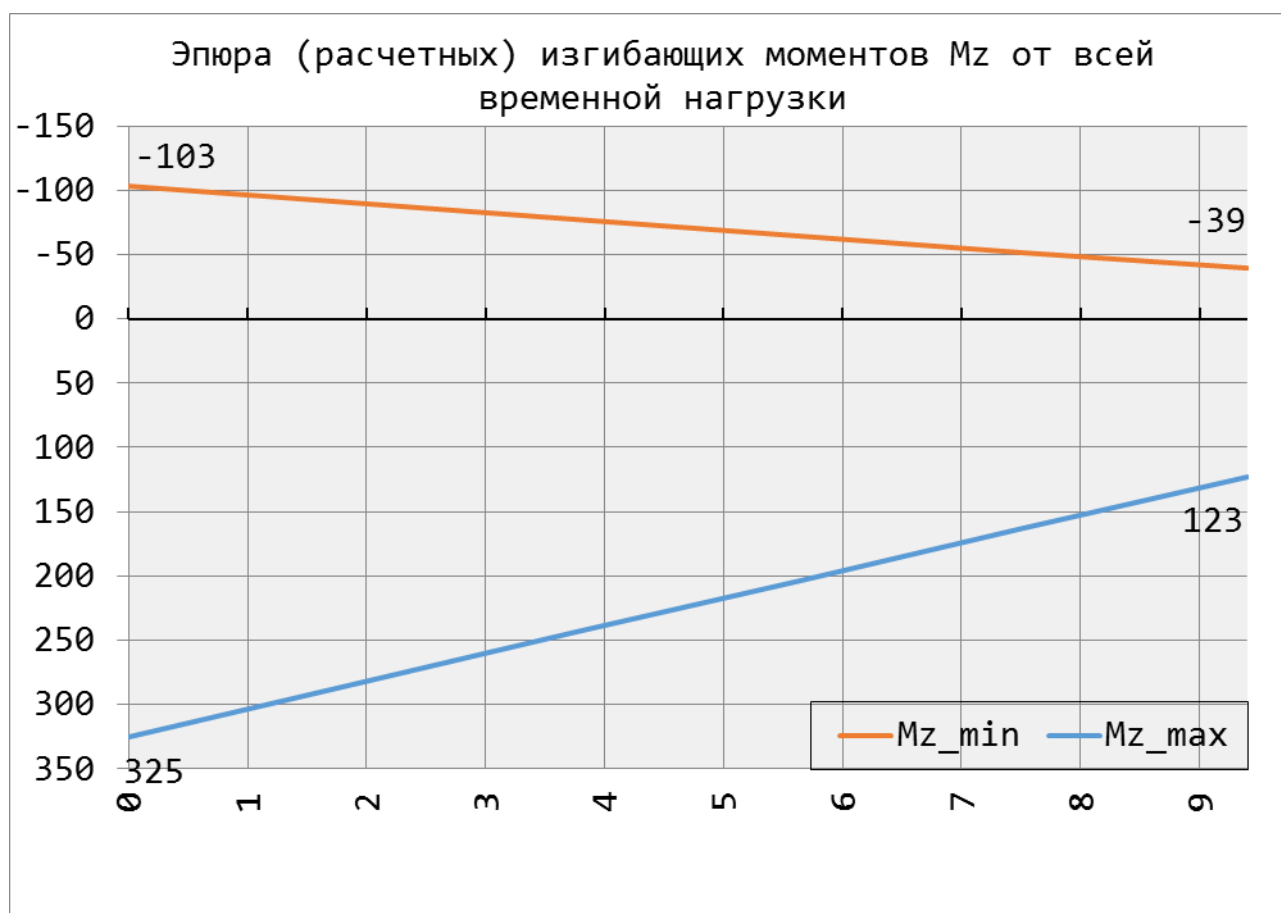
5.5.8 ეპიურები განაწილებული LM1



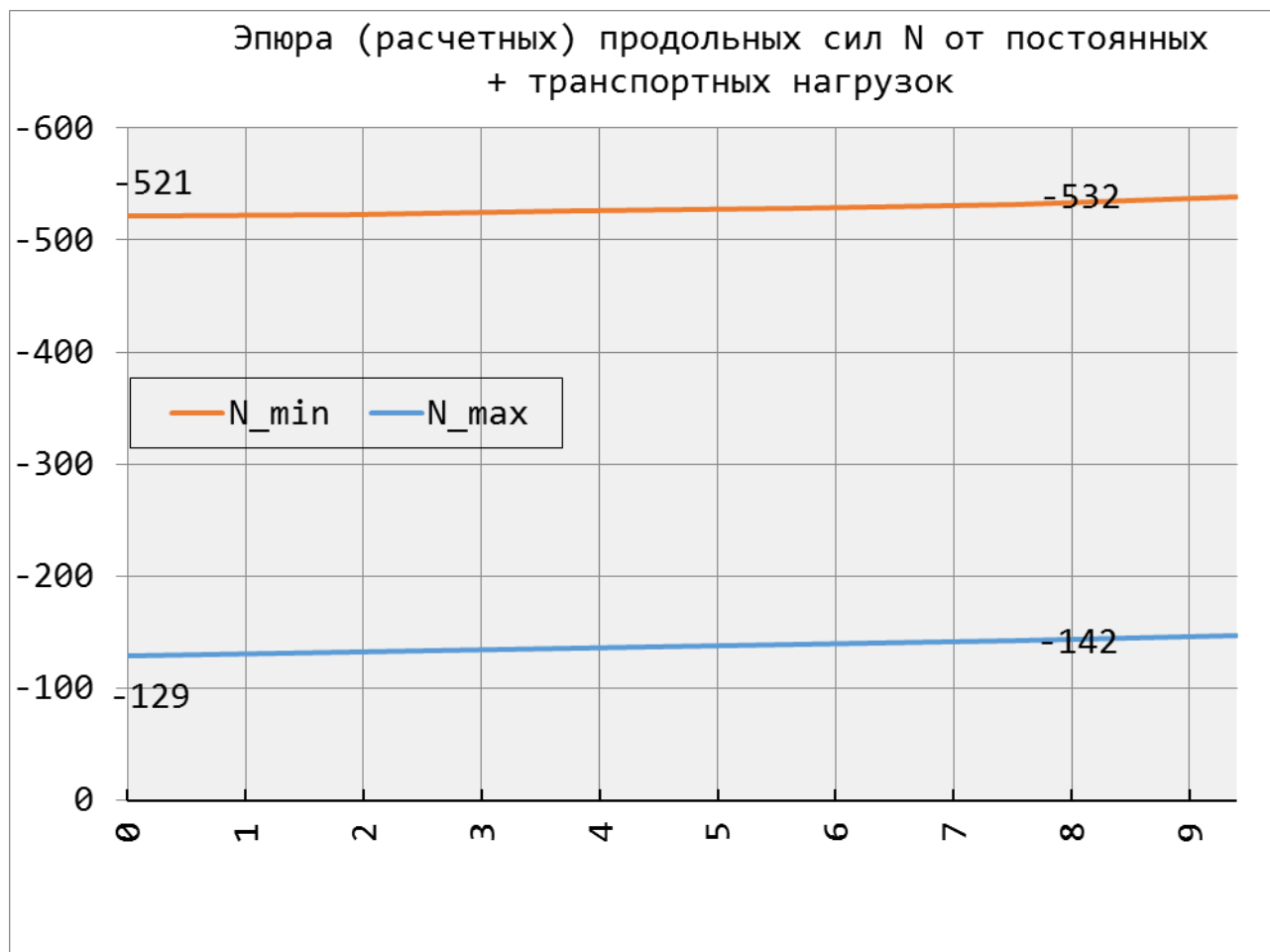


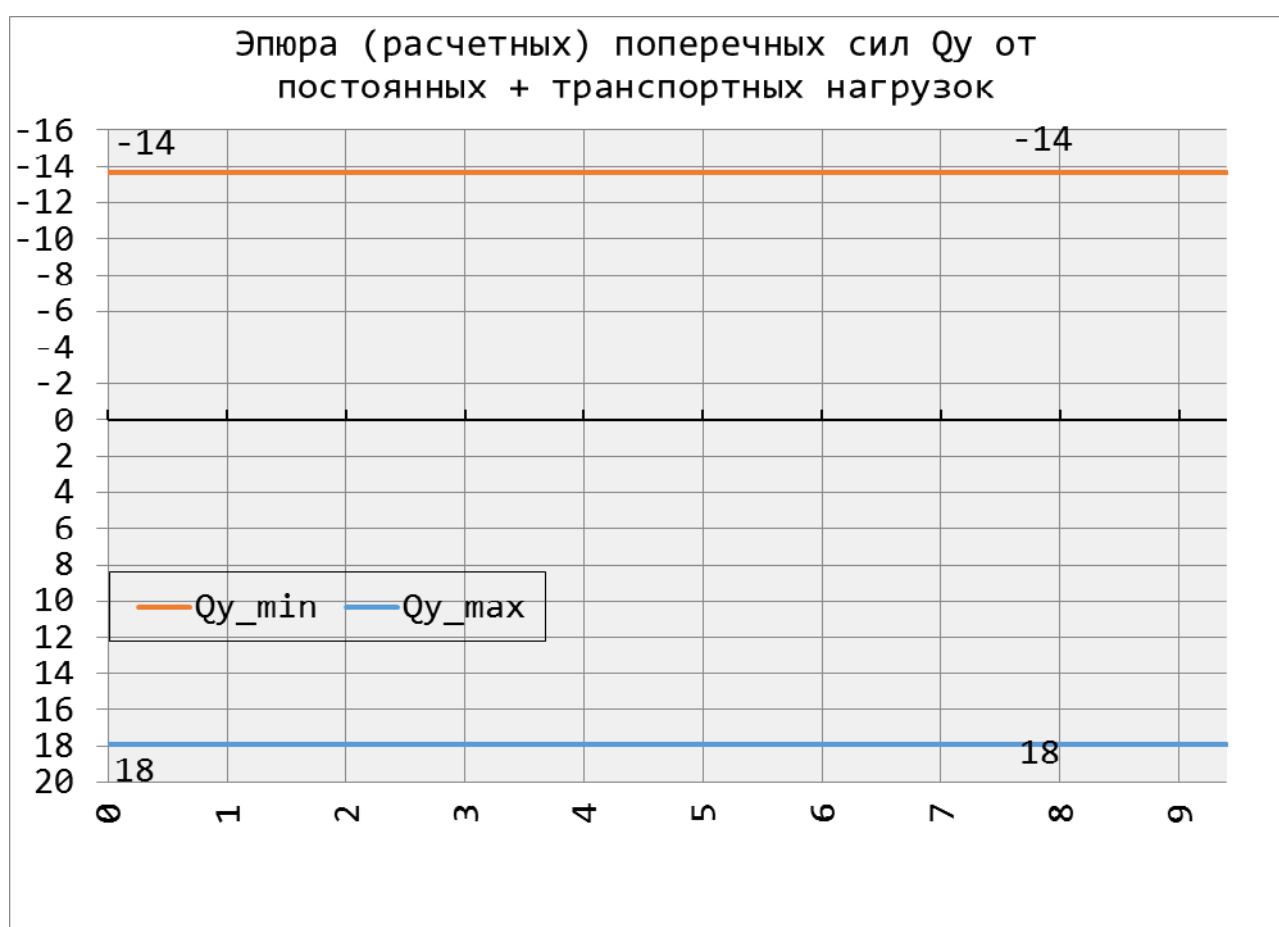
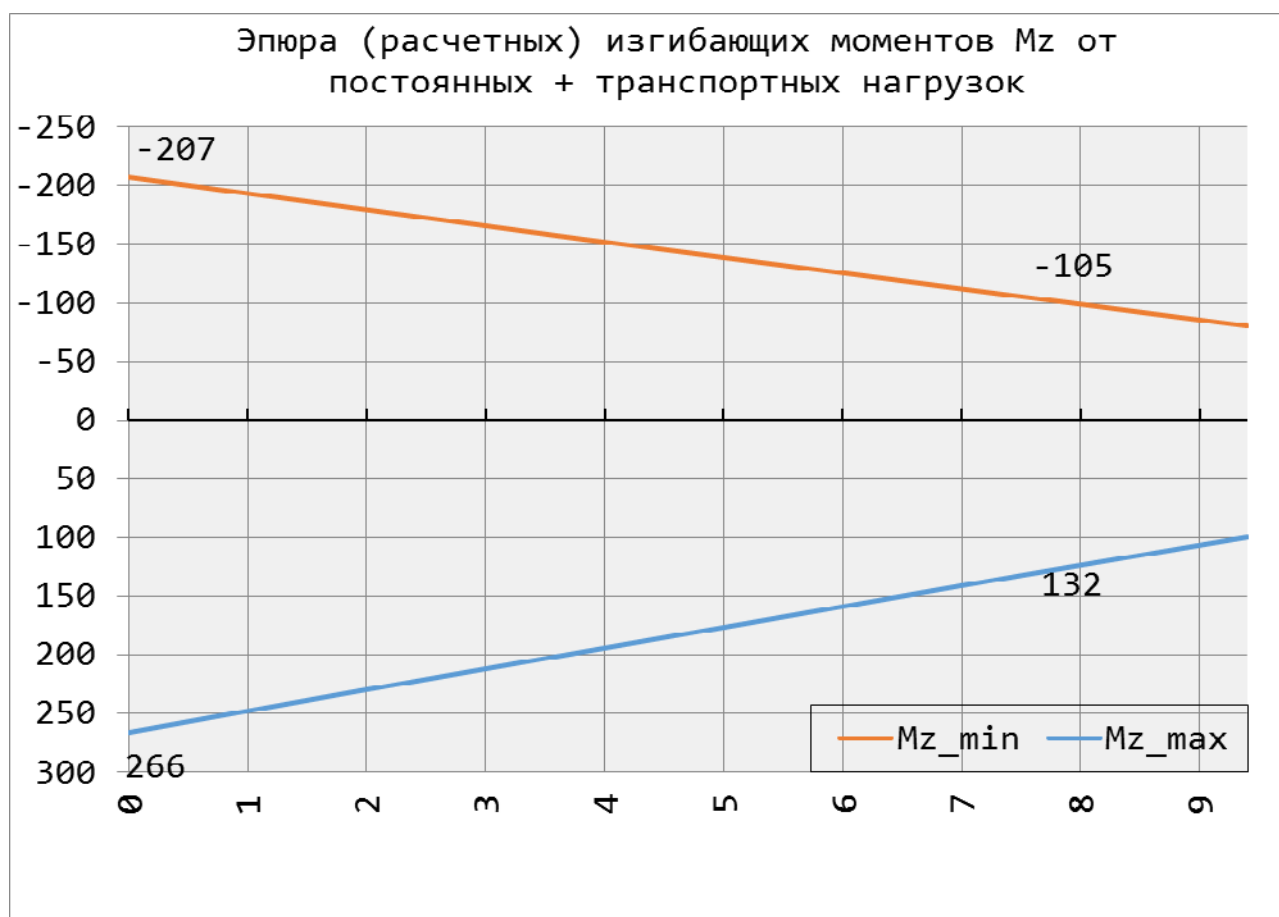
5.5.9 ეპიურები ჯამური LM1





5.5.10 ეპიურები ყველა დატვირთვებისგან





5.6 რეაქციები ბურჯებზე თადისა და კოჭის ქვეშ

5.6.1 რეაქციები ბურჯებზე თადის ქვეშ

დატვირთვა	ძალვა, ტ					
	X გასწვრივ		Y გასწვრივ		Z გასწვრივ	
	E_k	E_d	E_k	E_d	E_k	E_d
ფოლადის წონა	250	337	-2	-3	371	501
ფილის და არმატურის წონა	183	247	1	2	231	312
ბეტონის წონა	431	582	3	4	536	724
ხიდის ვაკისის წონა	291	394	-13	-17	352	476
სულ მუდმივები	1155	1560	-11	-15	1491	2012
ფეხით მოსიარულენი LM4	75	102	0	0	85	115
ტანდემი LM1	121	164	8	11	95	128
განაწილებული LM1	366	494	23	31	417	562
სულ LM1+LM4	562	759	32	43	597	806
სულ ჯამურები	1717	2319	20	28	2087	2818
სეისმიკა	501		95		367	
ქარი		34		25		35

5.6.2 რეაქციები ბურჯებზე კოჭის ქვეშ

დატვირთვა	ძალვა, ტ					
	X გასწვრივ		Y გასწვრივ		Z გასწვრივ	
	E_k	E_d	E_k	E_d	E_k	E_d
ფოლადის წონა	0	0	0	0	53	71
ფილის და არმატურის წონა	0	0	0	0	54	73
ბეტონის წონა	0	0	0	0	126	170
ხიდის ვაკისის წონა	0	0	0	0	82	111
სულ მუდმივები	0	0	0	0	315	425
ფეხით მოსიარულენი LM4	0	0	0	0	21	29
ტანდემი LM1	0	0	0	0	95	129
განაწილებული LM1	0	0	0	0	113	153
სულ LM1+LM4	0	0	0	0	230	311
სულ ჯამურები	0	0	0	0	545	736
სეისმიკა	10	0	10	0	0	0
ქარი		0		10		0

6. სიმტკიცის შემოწმება

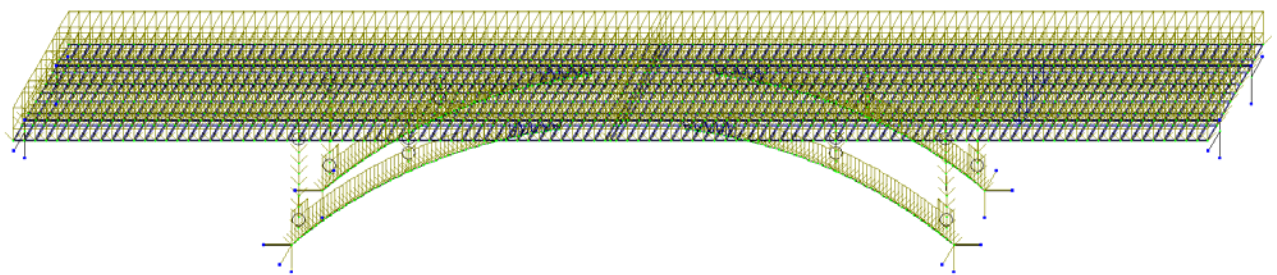
სიმტკიცის შემოწმებები მოცემულია ნახაზებზე KM1-35, KM1-36 და KM-37 ტომი 1, ნაწილი 1.

7. მდგრადობის შემოწმება

7.1 რელუქციური კოეფიციენტების გამოთვლა

რელუქციური კოეფიციენტები თაღისა და ბურჯების გასაანგარიშებლად აღებულია ერთი მინიმალურით, მიღებული საერთო გაანგარიშებიდან.

საანგარიშო სქემა შესრულებულია წინასწარ განსაზღვრული სიხისტეების გათვალისწინებით. სქემაზე დატვირთვები შეესაბამება სრულ საანგარიშო დატვირთვას: სრული მუდმივი, მიღებული ერთ სტადიაში + სრულ საანგარიშო დატვირთვა LM1.



ნახ. 7.1 საანგარიშო სქემა მდგრადობის გასაანგარიშებლად
«Арка устойчивость 2019.lir»

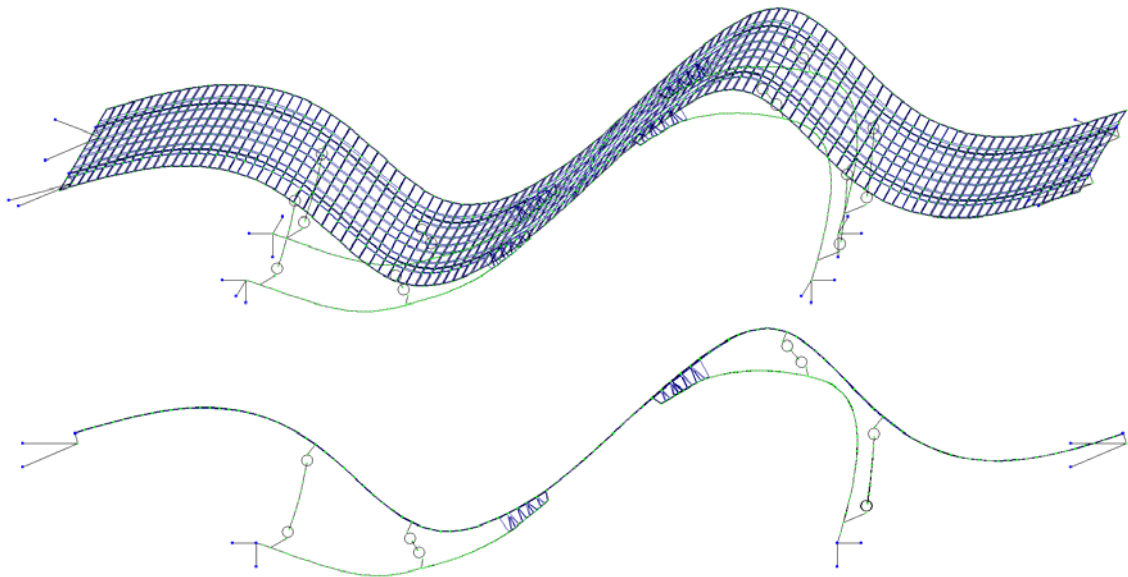
დატვირთვების კონტროლი შესრულებულია სახსარზე რეაქციის მიხედვით. დატვირთვა სქემაში იძლევა ძალვას 3600 ტ.

გაანგარიშების შედეგი:

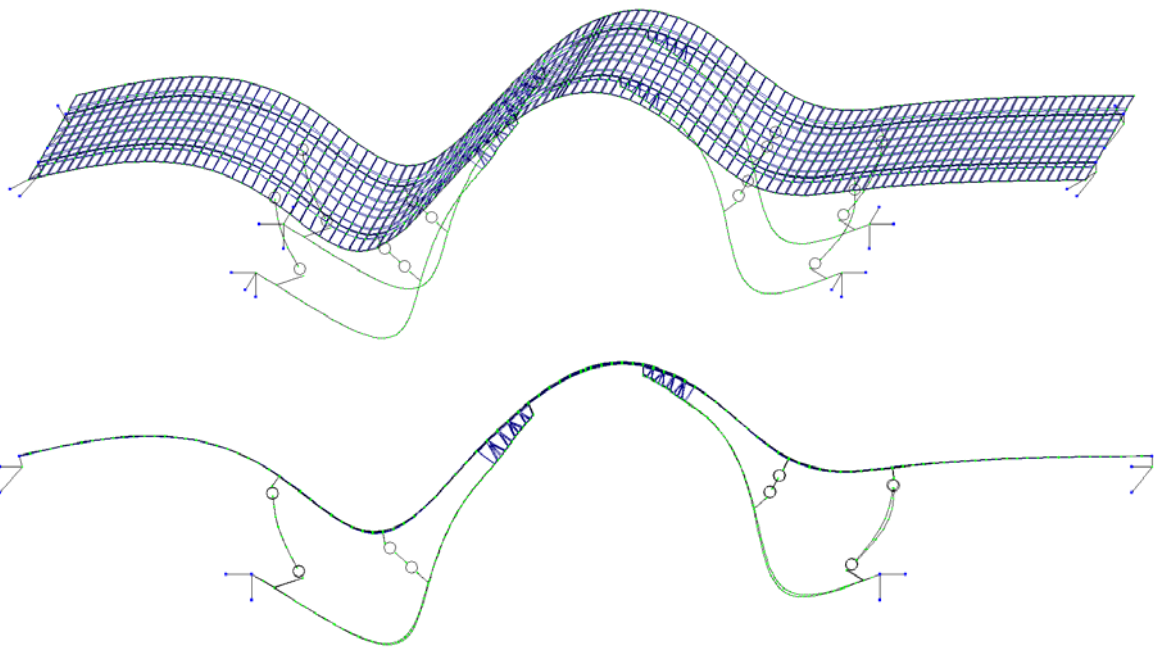
1-ი ფორმა ბრტყელი ჩაღუნვა. თაღების მდგრადობის დაკარგვა სიბრტყეში. ბურჯები არ კარგავს მდგრადობას ნახ. 7.2. მდგრადობის კარგვის კოეფიციენტი $\alpha_{cr,op}=9.65$.

მე-2-ე ფორმა ბრტყელი ჩაღუნვა. თაღების მდგრადობის დაკარგვა სიბრტყეში. ბურჯები კარგავს მდგრადობას ნახ. 4.3. მდგრადობის კარგვის კოეფიციენტი $\alpha_{cr,op}=12.2$.

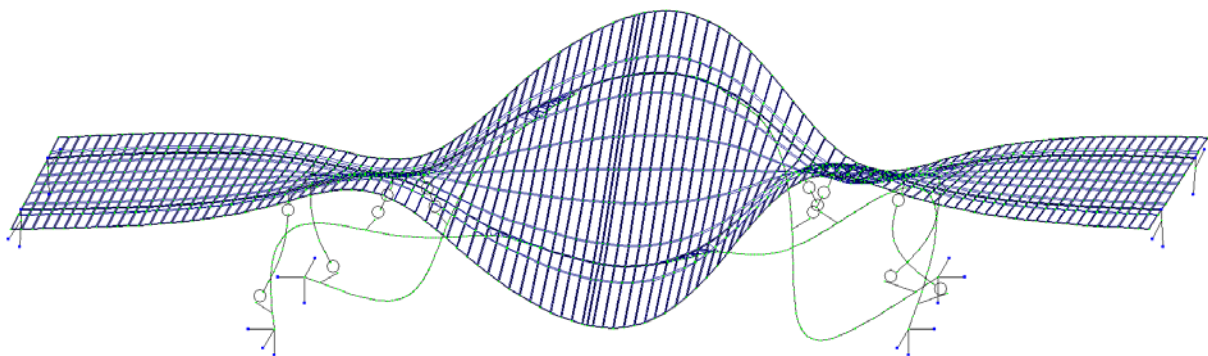
მე-3-ე ფორმა ირიბსიმეტრიული ფორმა. თაღების მდგრადობის დაკარგვა სიბრტყეში. ბურჯები კარგავს მდგრადობას ნახ. 7.4. მდგრადობის კარგვის კოეფიციენტი $\alpha_{cr,op}=13.2$.



ნახ. 7.2 1-ო ფორმა



ნახ. 7.3 მე-2-ე ფორმა



ნახ. 7.4 მე-3-ე ფორმა

გაანგარიშებები შესრულებულია ცხრილში:

Редукционные коэффициенты по результатам компьютерного расчета моста		
Коэффициент запаса по ЛИРе	α_{cr}	9.6
Гибкость EN 1993-1-1 ф.6.64	$\bar{\lambda} = \sqrt{1,375/\alpha_{cr}}$	0.378
Коэффициент несовершенства EN 1993-1-1 Таб.6.3	α	0.76
Коэффициент EN 1993-1-1 ф.6.57	$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$	0.639
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.49)	$\chi = 1/(\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2})$	0.866
Коэффициент надежности по ответственности	γ_{M1}	1.1

7.2 თაღის მდგრადობის შემოწმება

გამოთვლილი რედუქციული კოეფიციენტის საფუძველზე შესრულებულია თაღის ანგარიში.

თაღის მდგრადობის შემოწმების შედეგები EN 1993-2 მიხედვით, შესრულებულია როგორც მდგრადობის დანაკარგი ბრტყელი ფორმისთვის, შეჯერების კოეფიციენტი =0.9.

Расчетный момент Y, тм	$M_{Ed,y}$	1148
Расчетный момент X, тм	$M_{Ed,x}$	200
Расчетная нормальная сила, т	N_{Ed}	2680
Сопротивление текучести, т/м ²	f_y	39000
Площадь, м ²	A	0.221
Момент сопротивления Y, м ³	W_y	0.130
Момент сопротивления X, м ³	W_x	0.115
Сопротивление нормальной силе, т	$N_{Rd} = f_y \cdot A$	8619
Сопротивление моменту отн.горизонтали, тм	$M_{Rd,y} = f_y \cdot W_y$	5070
Сопротивление моменту отн.вертикали, тм	$M_{Rd,x} = f_y \cdot W_x$	4485
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_N = \chi_{op}$	0.866
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_M = \chi_{op}$	0.866
Проверка устойчивости (EN 1993-1-1 ф.6.9)	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \gamma_{M1}} + C_{m1,0} \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 0.9.$	0.683
Коэффициент запаса по устойчивости		1.318

7.3 ბურჯის მდგრადობის შემოწმება

გამოთვლილი რედუქციული კოეფიციენტის საფუძველზე შესრულებულია ბურჯის მდგრადობის შემოწმება.

თაღის მდგრადობის შემოწმების შედეგები EN 1993-2 მიხედვით, შესრულებულია როგორც მდგრადობის დანაკარგი ბრტყელი ფორმისთვის, შეჯერების კოეფიციენტი =0.9.

ბურჯი 1

Расчетный момент Y, тм	$M_{Ed,y}$	0
Расчетный момент X, тм	$M_{Ed,x}$	342
Расчетная нормальная сила, т	N_{Ed}	1595
Сопротивление текучести, т/м ²	f_y	39000
Площадь, м ²	A	0.145
Момент сопротивления Y, м ³	W_y	0.056
Момент сопротивления X, м ³	W_x	0.073
Сопротивление нормальной силе, т	$N_{Rd} = f_y \cdot A$	5655
Сопротивление моменту отн.горизонтали, тм	$M_{Rd,y} = f_y \cdot W_y$	2184
Сопротивление моменту отн.вертикали, тм	$M_{Rd,x} = f_y \cdot W_x$	2847
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_N = \chi_{op}$	0.866
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_M = \chi_{op}$	0.866
Проверка устойчивости (EN 1993-1-1 ф.6.9)	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + C_{m1,0} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 0.9.$	0.358
Коэффициент запаса по устойчивости		2.512

ბურჯი 2

Расчетный момент Y , тм	$M_{Ed,y}$	0
Расчетный момент X , тм	$M_{Ed,x}$	266
Расчетная нормальная сила, т	N_{Ed}	540
Сопротивление текучести, т/м ²	f_y	39000
Площадь, м ²	A	0.145
Момент сопротивления Y , м ³	W_y	0.056
Момент сопротивления X , м ³	W_x	0.073
Сопротивление нормальной силе, т	$N_{Rd} = f_y \cdot A$	5655
Сопротивление моменту отн.горизонтали, тм	$M_{Rd,y} = f_y \cdot W_y$	2184
Сопротивление моменту отн.вертикали, тм	$M_{Rd,x} = f_y \cdot W_x$	2847
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_N = \chi_{op}$	0.866
Редукционный коэффициент (EN 1993-1-1 ф.6.64)	$\chi_M = \chi_{op}$	0.866
Проверка устойчивости (EN 1993-1-1 ф.6.9)	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + C_{m1,0} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 0.9$	0.121
Коэффициент запаса по устойчивости		7.419

7.4 ადგილობრივი მდგრადობის შემოწმება

ფირფიტების ადგილობრივი მდგრადობა, რომლებიც განიცდიან კუმშვის ნორმალურ გრძივ დაძაბულობას, კერძოდ დაყრდნობილს ერთ მხარეზე (ზოლოვანი გრძივი წახნაგები), ფირფიტები დაყრდნობილი ორ გვერდზე (ფურცელი წახნაგებს შორის) შესრულებულია EN 1993-1 საფუძველზე.

7.4.1 ფირფიტების ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება

$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} =$			0.885	
$f_y=300$		$\frac{b}{t} = 38\varepsilon$	t (толщина листа, мм)	b (ширина между ребрами, мм)
38	0.885	33.6	12	404
38	0.885	33.6	14	471
38	0.885	33.6	16	538
38	0.885	33.6	20	673
38	0.885	33.6	25	841
38	0.885	33.6	32	1076
38	0.885	33.6	40	1345
38	0.885	33.6	50	1682

ნახ. 7.1 ფირფიტები დაყრდნობილი ორ გვერდზე

$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} =$			0.885	
$f_y=300$		$\frac{b}{t} = 38\varepsilon$	t (толщина листа, мм)	b (ширина между ребрами, мм)
38	0.885	33.6	12	404
38	0.885	33.6	14	471
38	0.885	33.6	16	538
38	0.885	33.6	20	673
38	0.885	33.6	25	841
38	0.885	33.6	32	1076
38	0.885	33.6	40	1345
38	0.885	33.6	50	1682

ნახ. 7.2 ფირფიტები დაყრდნობილი ერთ გვერდზე

ნაკვეთურების კედლების ადგილობრივი მდგრადობის შემოწმება, რომლებიც განიცდიან ორღერძიან დაძაბულ მდგომარეობას ნორმალური და მხებიით დაძაბულობის გათვალისწინებით, შესრულებულია СНиП 2.05.03-84* მეთოდით. მოცემული მეთოდით უფრო ზუსტია ვიდრე «დაგრძელებული კედლის მეთოდი», მოცემული EN 1993-1-ში.

ამ შემოწმებების შედეგები მოცემულია თაღოვანი ხიდის ნახაზების «კომპლექტის საანგარიშო ფურცლებში».

7.4.2 გრძივი წახნაგების, როგორც შეკუმშული ღეროების მდგრადობა

ფილების გამძლეობის შემოწმება როგორც ცალკეული შეკუმშული ღეროებისა, გრძივი წახნაგების სახით გათვალისწინებულია EN 1993-1-5.

b_{ef}	Пояс ребра по 15 товщин поясу коробки, м	0.42	A_s	Площа, m^2	0.00868
t_w	Толщина поясу, м	0.014	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.172484
h_{ws}	Висота ребра, м	0.2	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000031
t_{ws}	Товщина ребра, м	0.014	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.000750
b_f	Ширина поясу ребра, м	0	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000181
h_f	Товщина поясу ребра, м	0	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000208
a	Довжина відсіку, м	2	i_s	Радиус инерции, м	0.059902
h_w	Ширина листа стенки (или пояса), м	1.6	l	Гнучкість	33.4
b_1	Ширина відсіка відсіка	0.48	EI_s	Изгибная жесткость, тм ²	654.1
Устойчивость стержня					
	Модуль упругости			E	21000000
	Сопротивление текучести			f_y	4200.0
	Условная гибкость			$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{f_y/E}$	0.150
	Коэффициент несовершенства			α	0.760
	Коэффициенты			$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$	0.492
	Редукционный коэффициент (Корнеев)			$\varphi_c = 0.9/(\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2})$	0.936
	Ред/ коэфф. (EN 1993-1-1 ф.6.49)			$\chi = 1/(\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2})$	1.040

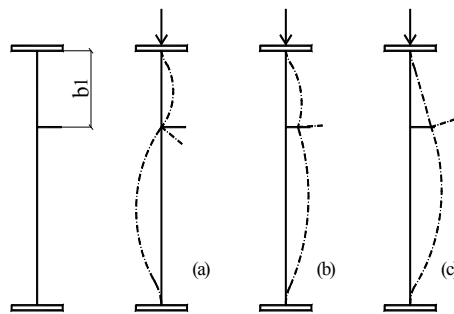
ნახ. 7.7 მდგრადობის შემოწმება ცენტრალურად შეკუმშული ფილისა როგორც წახნაგისა, კვეთით 200x14 ფილის მონაკვეთით

b_{ef}	Пояс ребра по 15 товщин поясу коробки, м	0.42	A_s	Площа, m^2	0.00988
t_w	Толщина поясу, м	0.014	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.163680
h_{ws}	Висота ребра, м	0.2	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000041
t_{ws}	Товщина ребра, м	0.02	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.000809
b_f	Ширина поясу ребра, м	0	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000249
h_f	Товщина поясу ребра, м	0	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000268
a	Довжина відсіку, м	2	i_s	Радиус инерции, м	0.064171
h_w	Ширина листа стенки (или пояса), м	1.6	1	Гнучкість	31.2
b_1	Ширина відсіка відсіка	0.48	EI_s	Изгибная жесткость, тм2	854.4
Устойчивость стержня					
	Модуль упругости			E	21000000
	Сопротивление текучести			f_y	4200.0
	Условная гибкость			$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{f_y/E}$	0.140
	Коэффициент несовершенства			α	0.760
	Коэффициенты			$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$	0.487
	Редукционный коэффициент (Корнеев)			$\varphi_c = 0.9/(\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2})$	0.944
	Ред/ коэфф. (EN 1993-1-1 ф.6.49)			$\chi = 1/(\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2})$	1.049

ნახ. 7.8 მდგრადობის შემოწმება ცენტრალურად შეკუმშული ფილისა როგორც წახნაგისა, კვეთით 200x14 ფილის მონაკვეთით

7.4.3 გრძივი წახნაგების, როგორც ხისტი საყრდენების საკმარისობა

გრძივი წახნაგების საკმარისობა ფირფიტების დასაჭერად



ნახ. 7.9 წახნაგების დეფორმაციის სქემა

სავარაუდოდ წახნაგმა უნდა დაიჭიროს კედელი სქემა a) მიხედვით.

b_{ef}	Пояс ребра по 15 толщин стінки, м	0.420	A_s	Площа, m^2	0.008680
t_w	Толщина стінки, м	0.014	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.172484
h_{ws}	Висота ребра, м	0.200	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000031
t_{ws}	Товщина ребра, м	0.014	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.000750
b_f	Ширина поясу ребра, м	0.000	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000181
h_f	Товщина поясу ребра, м	0.000	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000208
a	Довжина відріку, м	2	i_s	Радиус инерции, м	0.060
h_w	Висота стінки, м	16	λ	Гнучкість	33
b_1	Висота відріка	0.48	E_s	Изгибная жесткость, тм ²	654
Проверка жесткости ребра ст. 123 книга "Устойчивость"			γ_s	Параметр ребра	77.3
			γ_s^*	Параметр стінки	14.6
Условие			$\gamma_s > \gamma_s^*$ ребро - как жесткая опора		ИСТИНА

ნახ. 7.10 გრძივი წახნაგების საკმარისობა 200x14 კოჭების კედლებზე, კედლის სისქით 14 მმ და ნაკვეთურის ზომით 2 მ

b_{ef}	Пояс ребра по 15 толщин стінки, м	0.960	A_s	Площа, m^2	0.034720
t_w	Толщина пояса, м	0.032	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.202636
h_{ws}	Висота ребра, м	0.200	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000064
t_{ws}	Товщина ребра, м	0.020	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.002165
b_f	Ширина поясу ребра, м	0.000	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000314
h_f	Товщина поясу ребра, м	0.000	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000411
a	Довжина відріку, м	2	i_s	Радиус инерции, м	0.043
h_w	Висота стінки, м	16	λ	Гнучкість	47
b_1	Висота відріка	0.5	E_s	Изгибная жесткость, тм ²	1335
Проверка жесткости ребра ст. 123 книга "Устойчивость"			γ_s	Параметр ребра	13.2
			γ_s^*	Параметр стінки	12.5
Условие			$\gamma_s > \gamma_s^*$ ребро - как жесткая опора		ИСТИНА

ნახ. 7.11 გრძივი წახნაგების საკმარისობა 200x20 კოჭების ქვედა სარტყელზე, სარტყელის სისქით 32 მმ და ნაკვეთურის ზომით 2 მ

b_{ef}	Пояс ребра по 15 толщин стінки, м	0.600	A_s	Площа, m^2	0.016000
t_w	Толщина пояса, м	0.020	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.182500
h_{ws}	Высота ребра, м	0.200	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000050
t_{ws}	Толщина ребра, м	0.020	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.001334
b_f	Ширина поясу ребра, м	0.000	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000274
h_f	Толщина поясу ребра, м	0.000	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000333
a	Довжина відріку, м	2	i_s	Радиус инерции, м	0.056
h_w	Высота стінки, м	16	λ	Гнучкість	36
b_1	Высота відріка	0.42	E_s	Изгибная жесткость, тм ²	1051
Проверка жесткости ребра ст. 123 книга "Устойчивость"			γ_s	Параметр ребра	42.6
			γ_s^*	Параметр стінки	20.9
Условие			$\gamma_s > \gamma_s^*$	ребро - как жесткая опора	ИСТИНА

ნახ. 7.12 თაღების კედლის გრძივი წახნაგების საკმარისობა 200x20
20 მმ სისქისას და ღიაფრაგმის ბიჯით 2.0 მ

b_{ef}	Пояс ребра по 15 толщин стінки, м	0.960	A_s	Площа, m^2	0.034720
t_w	Толщина пояса, м	0.032	Z_s	Центр тяжести балки (от низа), м	0.202636
h_{ws}	Высота ребра, м	0.200	I_s	Момент инерции балки, m^4	0.000064
t_{ws}	Толщина ребра, м	0.020	W_s^t	Момент сопротивления верха, m^3	-0.002165
b_f	Ширина поясу ребра, м	0.000	W_s^b	Момент сопротивления низа, m^3	0.000314
h_f	Толщина поясу ребра, м	0.000	S_s	Статический момент верха, m^3	0.000411
a	Довжина відріку, м	16	i_s	Радиус инерции, м	0.043
h_w	Высота стінки, м	16	λ	Гнучкість	37
b_1	Высота відріка	0.42	E_s	Изгибная жесткость, тм ²	1335
Проверка жесткости ребра ст. 123 книга "Устойчивость"			γ_s	Параметр ребра	13.2
			γ_s^*	Параметр стінки	8.9
Условие			$\gamma_s > \gamma_s^*$	ребро - как жесткая опора	ИСТИНА

ნახ. 7.13 თაღების სარტყელის გრძივი წახნაგების საკმარისობა 200x20 მმ
სარტყელის სისქით 32 მმ და ღიაფრაგმის ბიჯით 1.6 მ

მთავარ კოჭებში ყველაზე მოწყვლადი ადგილები, დადლილობით ბზარების წარმოქმნის თვალსაზრისით, არიან კვანძები დაჭიმული საყრდენების და წახნაგების ზონებში. მაგალითად, მთავარი კოჭის კომბინირებული შეპირაპირება უნდა გაიყოს მინიმუმ 4 მონაკვეთად, რომლებიც უნდა განვიხილოთ ცალცალკე: 1 - საგების ფურცლის შეპირაპირება; 2 - კედლის შეპირაპირება მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებზე; 3 - კედლის ქვეშ გამოჭრის ზონა; 4 - რბივი წახნაგების კედლებზე გაწყვეტილი ზონები.

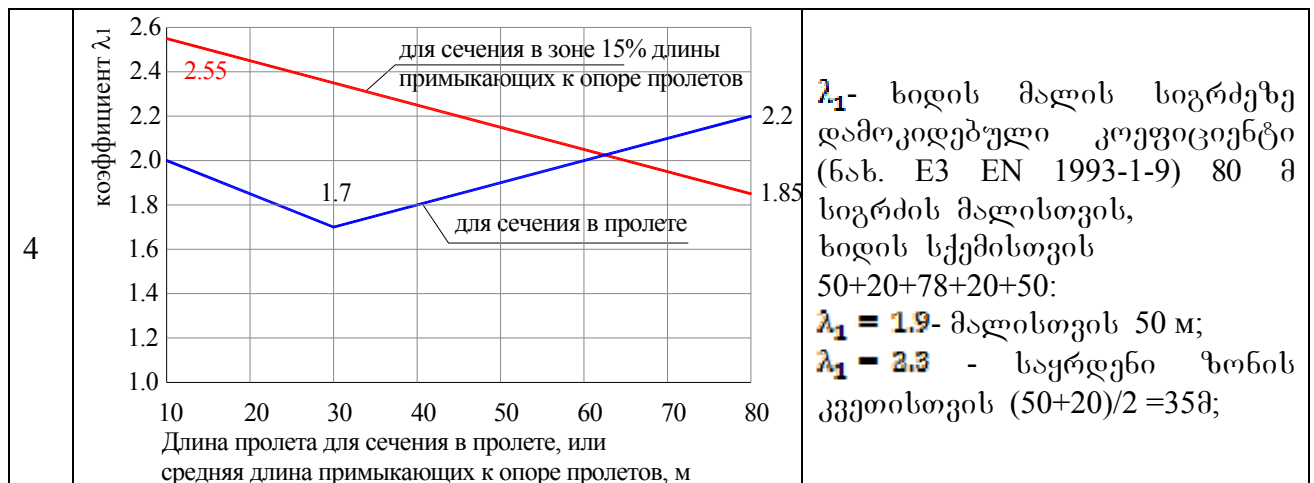
მახასიათებელი ზონები კატეგორიების მითითებით (დადლილობის ფარდობითი ზღურბლი 2×10^6 ციკლისას), რომელიც განსაზღვრავს ფოლადის კოჭის ფრაგმენტის გამძლეობას, ნაჩვენებია ნახ. 8.1, ხოლო ფოლად-რკინაბეტონის მთავარი კოჭისა ნახ. 8.2. მითითებული კატეგორიები დაფუძნებულია ცხრილებზე 8.1-8.9 EN 1993-1-9.

მახასიათებელი ზონები კატეგორიების მითითებით (დადლილობის ფარდობითი ზღურბლი 2×10^6 ციკლისას), რომელიც განსაზღვრავს ფოლადის კოჭის ფრაგმენტის გამძლეობას, ნაჩვენებია ნახ. 8.1, ხოლო ფოლად-რკინაბეტონის მთავარი კოჭისა ნახ. 8.2. მითითებული კატეგორიები დაფუძნებულია ცხრილებზე 8.1-8.9 EN 1993-1-9.

ფოლადის კოჭის ფოლადის შედუღებული კონსტრუქციების გამძლეობის გაანგარიშების წესები EN 1993-2 და EN 1993-1-9 მიხედვით მოცემულია ცხრილში 8.1.

ცხრილი 8.1

	ფორმულები და მითითებები	შენიშვნა
1	დაძაბულობის მოქმედი განშლა LM1* განისაზღვრება ფორმულით: $\Delta\sigma_F = \sigma_{F,max} - \sigma_{F,min} $ $46.29 = -7.49 - 38.8 $	სამოძრაო ხიდზე, მოდელი LM1* იწვევს დაძაბულობას განსახილველ დეტალში $\sigma_{F,max} = 38.8$ $\sigma_{F,min} = -7.49$
2	დაძაბულობის ეკვივალენტური განშლა ციკლით $2 \cdot 10^6$ განისაზღვრება EN 1993-2 მიხედვით 3.9.4.1(4) ფორმულით (9.2): $\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_F$ $75.6 = 1.63 \cdot 1.0 \cdot 46.29$	დაძაბულობის მოქმედი განშლა $\Delta\sigma_F$ კორექტირდება ორი კოეფიციენტით λ და Φ_2 დაძაბულობის ეკვივალენტური განშლის მისაღებად $\Delta\sigma_{E2}$.
3	საავტომობილო ხიდების დინამიკური კოეფიციენტი Φ_2 , თანახმად პ. 9.4.1(5) EN 1993-2 მიხედვით ჩართულია დატვირთვის სიდიდეში. სარკინიგზო ხიდებისთვის Φ_2 განისაზღვრება თანახმად EN 1991-2.	საავტომობილო ხიდების $\Phi_2 = 1.0$, თუ საფარის მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია



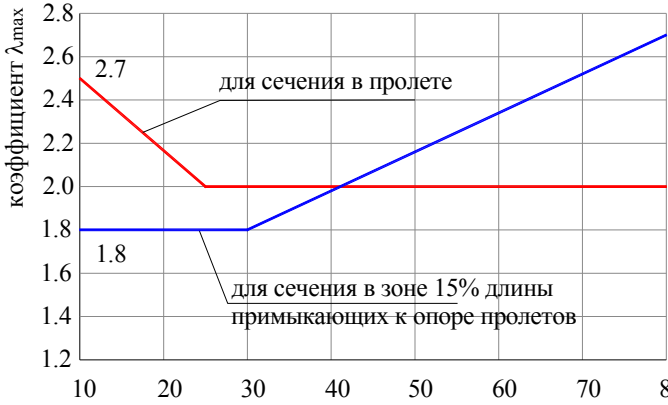
* - დატვირთვა გამძლეობის გასაანგარიშებლად LM1 რედუქციული კოეფიციენტით 0.7 ტანდემისთვის და 0.3 განაწილებულისთვის (ცხრილი 3.3)

ცხრილი 8.1 (გაგრძელება)

5	კოეფიციენტი λ_2 განისაზღვრება EN 1993-2 პ.9.5.2(3) მიხედვით (9.10) მოძრაობის შემადგენლობიდან გამომდინარე: $\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_n} \cdot \sqrt{\frac{N_{Qm1}}{N_n}}$ $Q_{m1} = \sqrt{\frac{\sum n_i Q_i^2}{\sum n_i}}$ Q_i წონა i-სატვირთო, კნ n_i Q_i წონის სატვირთოების წილი. N_{Qm1}- ხიდზე 1 წლის განმავლობაში გავლილი სატვირთოების რაოდენობა (განისაზღვროს ევროკოდის EN 1991-2:2003 ცხრ. E.1).	λ_2 - კოეფიციენტი, ითვალისწინებს მოძრაობის ინტენსივობას ხიდზე (ნაკადში სატვირთოების წონა და რაოდენობა): $\lambda_2 = 0.833$ по таблице E.2 EN 1993-2.
6	კოეფიციენტი λ_3 განისაზღვრება EN 1993-2 პ.9.5.2(5) მიხედვით (9.11): $\lambda_3 = \sqrt[4]{T_{Ld}/100}$	λ_3 - კოეფიციენტი, დამოკიდებული ხიდის ექსპლოატაციის დროზე; 100 წლიანი ექსპლოატაცია $\lambda_3 = 1.0$; T_{Ld} - ხიდის საპროექტო ექსპლოატაცია წლებში

7	კოეფიციენტი λ_4 განისაზღვრება EN 1993-2 პ.9.5.2(6) по формуле (9.12): $\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \left(\frac{\eta_3 Q_{m3}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}$ k ნელი მოძრაობის ზოლების რაოდენობა; N_j სატვირთოების რაოდენობა ზოლზე j ერთ წელში; Q_{mj} ავტომობილების საშუალო წონა ზოლზე j; η_j დატვირთვის გავლენის ხაზის ორდინატა Q_{mj} ზოლის შუაში j, პლიუსის ნიშნით, დეტალებში დატვირთვის განშლის შეფასებისთვის. $\lambda_4 = \left[1 + 1 \left(\frac{0.64}{0.92} \right)^5 + 1 \left(\frac{0.36}{0.92} \right)^5 + 1 \left(\frac{0.08}{0.92} \right)^5 \right]^{1/5} \approx 1.03$	λ_4- კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სხვა ზოლებზე სატვირთოების მოძრაობას. ხიდისთვის 50+20+78+20+50: მოძრაობის ოთხი ზოლი შემსვედრი მიმართულებით: სატვირთოების წონა დარაოდენობა ზოლებზე ერთნაირია: $Q_{m1} = Q_{m2} = Q_{m3} = Q_{m4}$ и $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$ ორდინატები მ.მ. (იხ. ნახ.): 1 ზოლზე $\eta_1 = 0.92$; მე-2-ე ზოლზე $\eta_2 = 0.64$; მე-3-ე ზოლზე $\eta_3 = 0.36$; მე-4-ე ზოლზე $\eta_4 = 0.08$.
---	---	--

ცხრილი 8.1 (გაგრძელება)

8		კოეფიციენტების წარმოქმნა ფორმულით (9.9) EN 1993-2 ვერ გადააჭარბებს მნიშვნელობას λ_{max}: 50 მ-იან მაღში $\lambda_{max} = 2.0$ საყრდენ კვეთში მაღისთვის (50+20/2=35 მ) $\lambda_{max} = 1.9$.
9	კოეფიციენტების წარმოქმნა განისაზღვრება EN 1993-2 п.9.5.2(1) ფორმულით (9.9): $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4$	კვეთისთვის მაღში: $\lambda = 1.9 \cdot 0.833 \cdot 1.0 \cdot 1.03 = 1.63$ კვეთისთვის ბურჯის ქვეშ: $\lambda = 2.3 \cdot 0.833 \cdot 1.0 \cdot 1.03 = 1.97$
10	გამძლეობის შემოწმება ფორმულით: $\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$ $1.0 \cdot 75.6 \leq 80 / 1$ $75.6 \leq 80$	საიმედოობის კოეფიციენტი: $\gamma_{Ff} = 1.0$; $\gamma_{Mf} = 1.0$ $\Delta \sigma_{E2}$ დაბაბულობის ეკვივალენტური განშლა; $\Delta \sigma_c$ დადლილობის ზღურბლი ცხრილებით.

მნიშვნელობა N_{obs} , ან სატვირთოების რაოდენობა, რომლებიც გაივლიან ერთი წლის მაძილზე დაბალსიჩქარიან ზოლებზე, ადებულია ცხრილიდან 4.5(n) EN 1991-2:2003 (E) 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges და მოცემულია ცხრილში 8.2.

ცხრილი 8.2

მოძრაობის კატეგორია		N_{eq} რაოდენობა ავტომობილების რაოდენობა ერთ წელიწადში მარჯვენა ზოლზე
1	გზები ორი და მეტი სამოძრაო ზოლით ორივე მიმართულებით სატვირთოების დიდი რაოდენობით	2.0×10^6
2	იგივე სატვირთოების საშუალო რაოდენობით	0.5×10^6
3	ძირითადი გზები სატვირთოების მცირე რაოდენობით	0.125×10^6
4	ადგილობრივი გზები სატვირთოების მცირე რაოდენობით	0.05×10^6

კომენტარები.

თუ 1 წლის მაძილზე ხიდზე გავლილი სატვირთო მანქანების რაოდენობა ტოლია 2.0×10^6 ცალის, ეს ნიშნავს, რომ ყოველ 15 წუთში 24 საათის განმავლობაში 365 დღის მაძილზე განსახილველ ზოლზე გაივლის მძიმეწონიანი სატვირთო მანქანა.

8.2 ფოლად-რკინაბეტონის ხიდების საბრჯენების გამძლეობის გაანგარიშება

დრეკადი საბრჯენების გამძლეობის გაანგარიშება სრულდება 3.6.8 EN 1994-2 მითითებების თანახმად, ცხრილ 8.3-ში მოყვანილი სქემით.

ცხრილი 8.3

	ფორმულები და მითითებები	შენიშვნა
1	დაძაბულობის ეკვივალენტური განშლა წაცურებისას $\Delta\sigma_{E,2}$ 2 მილიონი ციკლისთვის გამოისახება ფორმულით: $\Delta\sigma_{E,2} = \lambda_V \Delta\sigma$ $25.5 = 1.33 \cdot 19.2$	λ_V - დაზიანების ეკვივალენტური კოეფიციენტი $\Delta\sigma$ მსებითი დაძაბულობების განშლა საბრჯენში ხიდზე სამოძრაოდან, მოდელი LMI*.
2	დაზიანების კოეფიციენტი დრეკადი საბრჯენებისთვის წაცურებაზე განისაზღვრება ფორმულით $\lambda_V \lambda_V = \lambda_{V,1} \cdot \lambda_{V,2} \cdot \lambda_{V,3} \cdot \lambda_{V,4}$ $1.33 = 1.55 \cdot 0.833 \cdot 1.0 \cdot 1.03$	კოეფიციენტი გამოითვლება თანახმად EN 1994-2 II.6.8.6.2(3)
3	კოეფიციენტი $\lambda_{V,1} = 1.55$, საავტომობილო ხიდები მაღის სიგრძით 100 მ-მდე	$\lambda_{V,1}$ - კოეფიციენტი, ითვალისწინებს ხიდის მაღის სიგრძეს

4	კოეფიციენტი $\lambda_{V,2} = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \sqrt{N_{obs}/N_0}$, где $Q_{m1} = \sqrt{\frac{\sum Q_i^2}{\sum n_i}}$ სატვირთოების საშუალო წონა, კნ	$\lambda_{V,2}$ - კოეფიციენტი, ითვალისწინებს მოძრაობის ინტენსივობას ხიდზე (სატვირთოების წონა და რაოდენობა ნაკადში)
5	კოეფიციენტი $\lambda_{V,3} = \sqrt{\frac{t_{Ld}}{100}}$, სადაც t_{Ld} - ხიდის ექსპლუატაციის დრო წლებში	$\lambda_{V,3}$ - კოეფიციენტი, ითვალისწინებს მოძრაობის ინტენსივობას ხიდზე (სატვირთოების წონა და რაოდენობა ნაკადში) $\lambda_{V,3} = 1.0$.
6	კოეფიციენტი $\lambda_{V,4}$ შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით: $\lambda_{V,4} = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^3 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^3 \right]^{1/3}$	$\lambda_{V,4}$ - კოეფიციენტი, ითვალისწინებს სხვა სამოძრაო ზოლების დატვირთვას სატვირთოებით
7	შეკუმშულ სარტყელებზე მიდუღებული დრეკადი საბრჯენებისთვის, გამძლეობის შეფასება სრულდება ფორმულით: $\gamma_{FF} \Delta \tau_{E,2} \leq \Delta \tau_c / \gamma_{Mf,2}$ $1.0 \cdot 25.5 \leq 90 / 1.15$ $25.5 \leq 78.3$	საიმედოობის კოეფიციენტები: $\gamma_{FF} = 1.0$; $\gamma_{Mf,2} = 1.15$ $\Delta \tau_{E,2}$ და $\Delta \sigma_{E,2}$ ეკვივალენტური განშლები მსებითი დაძაბულობებისთვის საბრჯენებში და ნორმალურები სარტყელებში, შესაბამისად. $\Delta \tau_c$ და $\Delta \sigma_c$ ცხრილის ზღვრები საბრჯენის ანატრელებისთვის და საბრჯენის სარტყელთან
8	შეკუმშულ სარტყელებზე მიდუღებული დრეკადი საბრჯენებისთვის, უნდა შესრულდეს პირობა: $\frac{\gamma_{FF} \Delta \sigma_{E,2}}{\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf,2}} + \frac{\gamma_{FF} \Delta \tau_{E,2}}{\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,2}} \leq 1.3$; ამასთან ერთად: $\frac{\gamma_{FF} \Delta \sigma_{E,2}}{\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf,2}} \leq 1.0$ და $\frac{\gamma_{FF} \Delta \tau_{E,2}}{\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,2}} \leq 1.0$. $\frac{1.0 \cdot 25.27}{66 / 1.15} \leq 1.0$ და $\frac{1.0 \cdot 25.5}{90 / 1.15} \leq 1.0$. პირობები შესრულებულია!	

8.3 ფოლად-რკინაბეტონის ხიდების ფილის დაჭიმული არმატურის გამძლეობის გაანგარიშება

გაანგარიშებები სრულდება ფოლად-რკინაბეტონის ხიდების ევროკოდების პ. 6.8 EN1992-2 და რკინაბეტონის ხიდების ევროკოდების EN1992-2 დანართი NN თანახმად. დაძაბულობის ეკვივალენტური განშლის გაანგარიშება არმატურაში $\Delta \sigma_{s,Ed}$ საჭიროა განისაზღვროს მოდელით LM1* ღერძული დაწოლების გაზრდის კოეფიციენტებით: 1.75 - შუალედურ ბურჯებზე კოჭის ზონებისთვის და 1.4 – სხვა მონაკვეთებისთვის.

დაძაბულობის განშლა მოდელი LM1*-ის ზემოქმედებით (დატვირთვების კომბინაციის ბაზასთან ერთად) არმატურაში შედუღების გარეშე ნაკლებია $\Delta\sigma_s \leq 70$ მპა, ხოლო შედუღებით $\Delta\sigma_s \leq 35$ მპა, პ. 6.8.6 1992-1(1) შესაბამისად.

გამძლეობაზე გაანგარიშებები არაა საჭირო!

8.4 ფოლად-რკინაბეტონის ხიდების ფილის შეკუმშული ბეტონის გამძლეობის გაანგარიშება

შემოწმება უნდა შესრულდეს საგზაო მოძრაობის მონაცემების გამოყენებით, დადლილობის მრუდების (დაძაბულობა – ციკლების რაოდენობა) და დატვირთვის ტიპების მიხედვით. ბეტონის შემოწმებისთვის გამოიყენება დაზიანებების შეჯამების ხაზოვანი კანონი – (პალმგრენ-მაინერი) წესი:

$$\gamma \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

სადაც

m - ინტერვალების რაოდენობა მუდმივი ამპლიტუდით;

n_i - მუდმივი ამპლიტუდის ციკლების რაოდენობა ინტერვალში;

N_i ინტერვალზე ციკლების ზღვრული რაოდენობა, შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით

$$E_{cd,max,i} + \frac{\log N_i}{14} \sqrt{1 - R_i} \leq 1.0$$

$$N_i = 10 \exp \left(14 \left(1 - \frac{E_{cd,max,i}}{\sqrt{1 - R_i}} \right) \right)$$

$$R_i = \frac{E_{cd,min,i}}{E_{cd,max,i}} \quad E_{cd,min,i} = \frac{\sigma_{cd,min,i}}{f_{cd,fat}} \quad E_{cd,max,i} = \frac{\sigma_{cd,max,i}}{f_{cd,fat}}$$

R_i ციკლის ასიმეტრიის კოეფიციენტი;

$E_{cd,min,i}$ კუმშვის მინიმალური დონე;

$E_{cd,max,i}$ კუმშვის მაქსიმალური დონე;

$\sigma_{cd,max,i}$ ციკლში კუმშვის მაქსიმალური დაძაბულობა;

$\sigma_{cd,min,i}$ ციკლში კუმშვის მინიმალური დაძაბულობა;

$f_{cd,fat}$ ბეტონის საანგარიშო მედეგობა კუმშვაზე გამძლეობაზე გაანგარიშებისას

$$f_{cd,fat} = k_1 \beta_{cc}(t) \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd}$$

$\beta_{cc}(t)$ კოეფიციენტი, დამოკიდებული ბეტონის დატვირთვების ასაკზე;

$\beta_{cc}(t) = \exp(s(1 - (26/t)^{0.5}))$, ბეტონის ასაკისას – 26 დღე, $\beta_{cc}(t)=1.0$;

s ბეტონის ტიპის კოეფიციენტი=0.25;

t დატვირთვების ციკლური ზემოქმედებით დასაწყისი, დღე;

k_1 =0.85 – რეკომენდირებული მნიშვნელობა;

f_{ck} ცილინდრული სიმტკიცე კუმშვაზე;

$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = f_{ck}/1.5$ კუმშვაზე საანგარიშო სიმტკიცე;

B37 კლასის ბეტონისთვის, ბეტონის კუმშვაზე საანგარიშო მედეგობა:

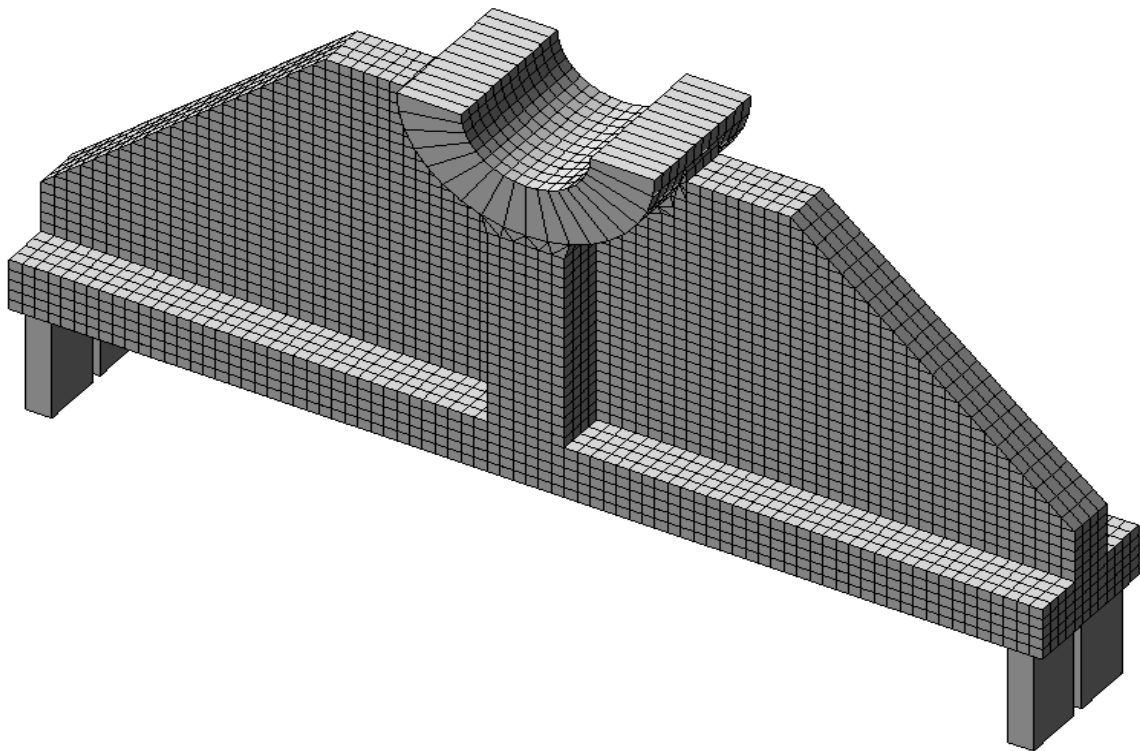
$$f_{cdfat} = 0.85 \cdot 1 \cdot \left(1 - \frac{35}{230}\right) \cdot f_{cd} = 0.732 \cdot 20 = 14.6 \text{ მპა.}$$

მნიშვნელობებისას: $f_{ck} = 35$ მპა და $f_{cd} = 20$ მპა.

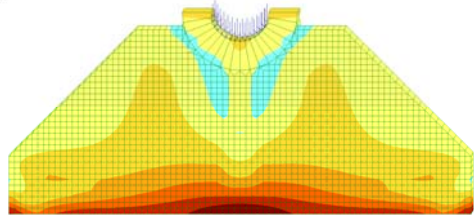
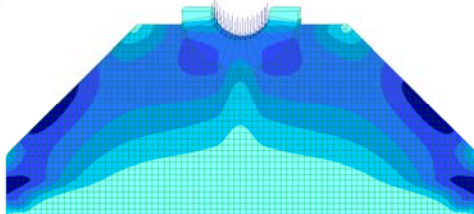
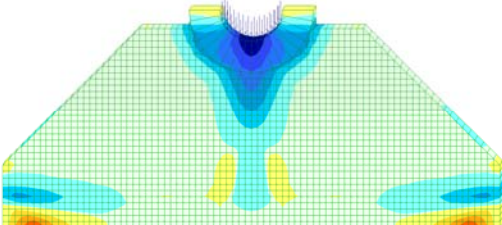
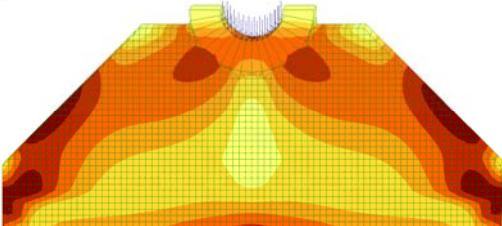
9. სახსარის გაანგარიშებები

სახსარის გაანგარიშებები შესრულებულია სივრცობრივ საანგარიშო სქემაში მოცულობითი საბოლოო ელემენტების დანაწევრებული ბადით 2x2x2 სმ. გაანგარიშების მიზანია მთავარი ექსტრემალური და უდიდესი ეკვივალენტური ძაბვების პოვნა.

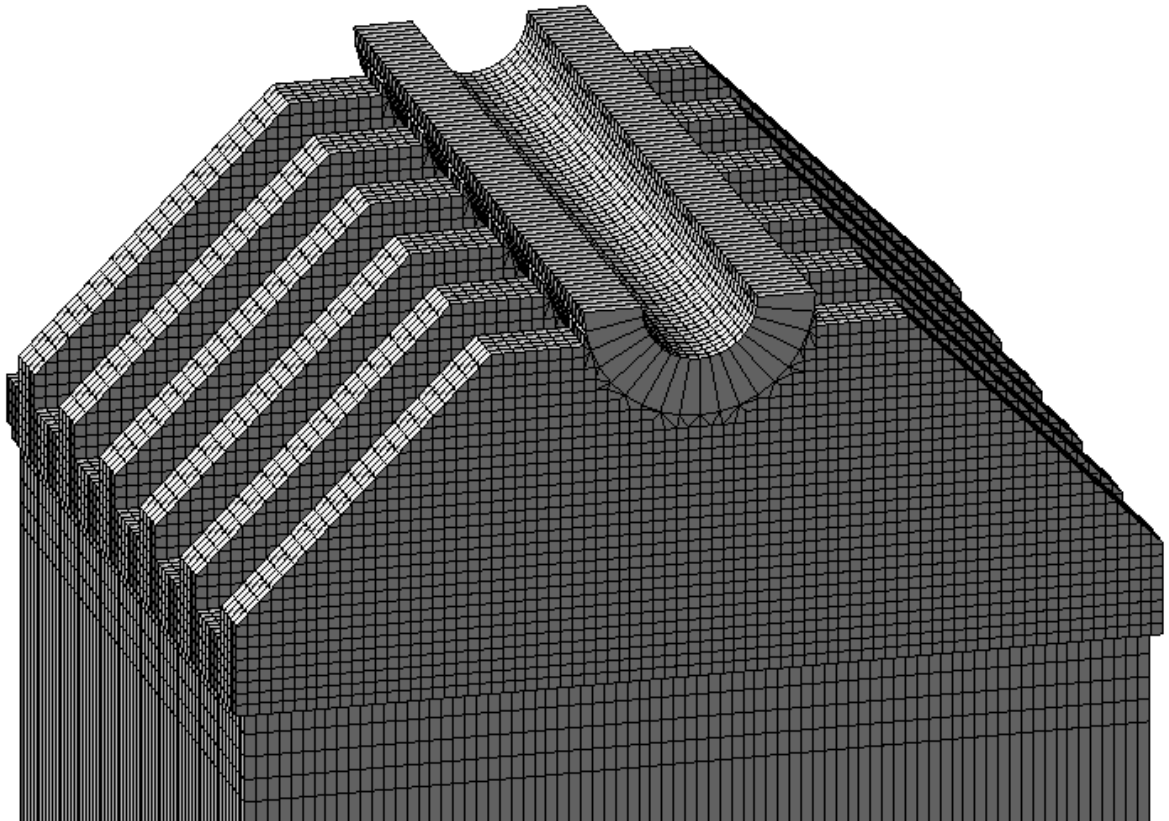
წინასწარი გაანგარიშებისთვის მიღებულია სახსარის მონაკვეთი საყრდენი წახნაგით სასრიალო ღარის გასწვრივ 24 სმ, დატვირთვით 18.75 ტ/სმ სასრიალო ღარზე. განსახილველ მონაკვეთზე მთლიანად დატვირთვა ტოლია $24 \times 18.75 = 450$ ტ, რაც შეესაბამება დატვირთვას სახსარის 160 სმ სიგრძეზე – 3000 ტ. ფრაგმენტი დაყრდნობილია ბოლოებით.



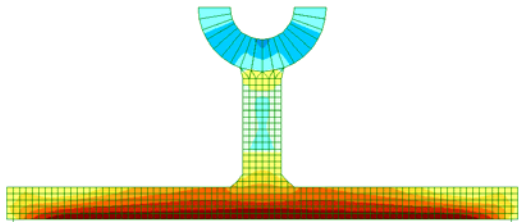
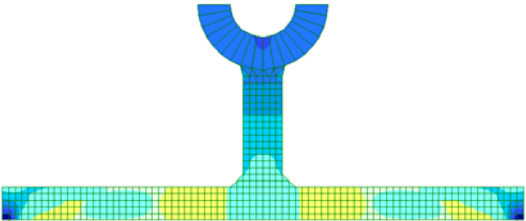
ნახ. 9.1 სახსარის საანგარიშო სქემა

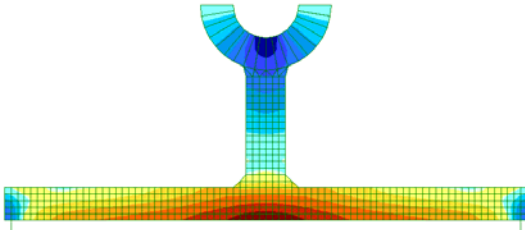
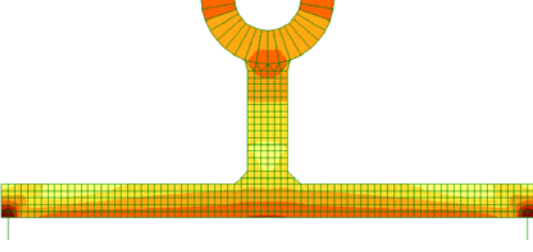
	მთავარი გამჭიმავი $\sigma_t = 168 \text{ მპა}$
	მთავარი შეშეკუმშავი $\sigma_{com} = 240 \text{ მპა}$
	სახსარის გასწვრივ (განივი კუმშვა) $\sigma_{com} = 98 \text{ მპა}$
	ეკვივალენტური ძაბვები (გუბერ – ჰენკი – მიზეს) ენერგეტიკული თეორიის საფუძველზე $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$

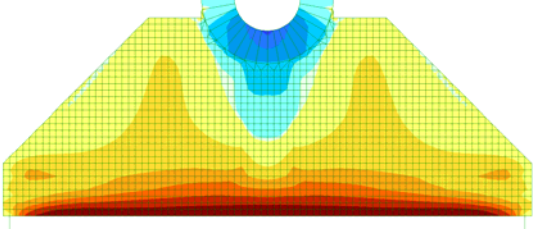
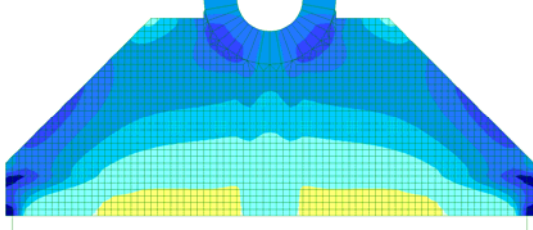
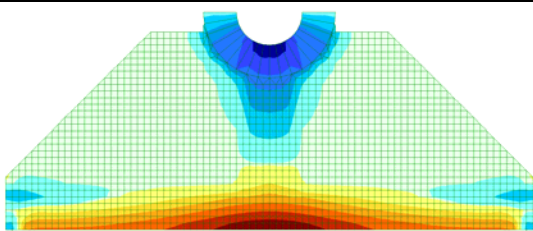
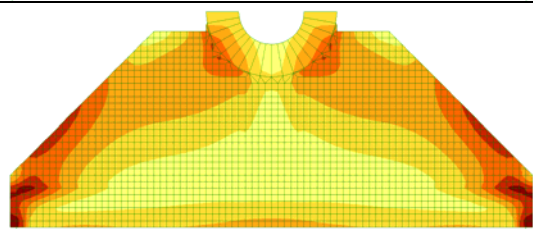
დაზუსტებული გაანგარიშებისთვის შეიქმნა სქემა სახსარის დაყრდნობით თადის კოლოფის კონტურზე «სახსარი 4000 6.Lir.». დატვირთვა სასრიალო ღარის გასწვრივ 23.75 ტ. სრული დატვირთვა სახსარზე 3600 ტ.

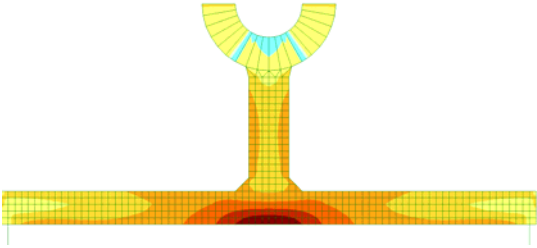
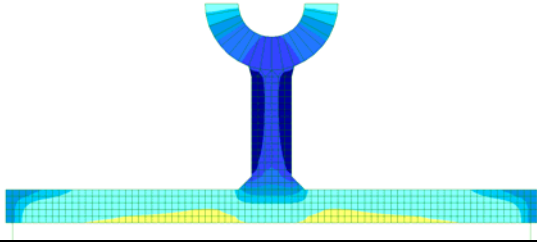
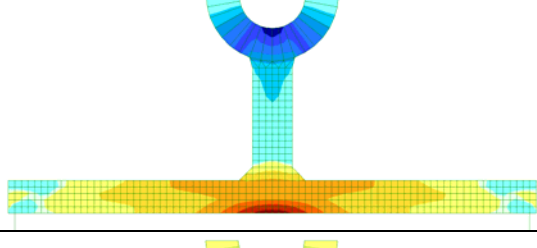
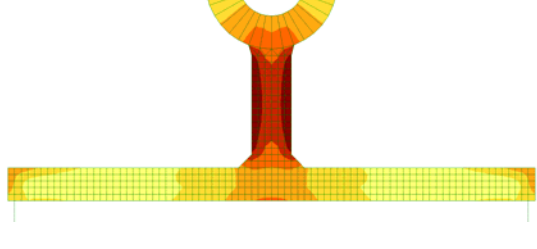


ნახ. 9.2 «სახსარი 4000 6.Lir.»

ცენტრალური ნაწილი წახნაგებს შორის	
	მთავარი გამჭიმავი $\sigma_t = 110$ მპა
	მთავარი შემკუმშავი $\sigma_{sm} = 160$ მპა

	სახსარის გასწვრივ (განივი კუმშვა) $\sigma_{\text{com}} = 100$ მპა
	ეკვივალენტური ძაბვები (გუბერ – ჰენკი – მიზეს) ენერგეტიკული თეორიის საფუძველზე $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$ =160 მპა

ცენტრალური ნაწილი. წახნაგი	
	მთავარი გამჭიმავი $\sigma_t = 110$ მპა
	მთავარი შემკუმშავი $\sigma_{\text{com}} = 227$ მპა
	სახსარის გასწვრივ (განივი კუმშვა) $\sigma_{\text{com}} = 100$ მპა
	ეკვივალენტური ძაბვები (გუბერ – ჰენკი – მიზეს) ენერგეტიკული თეორიის საფუძველზე $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$ =231 მპა

ტადის კოლოვის ნაწიბურზე წახნაგებს შორის	
	მთავარი გამჭიმავი $\sigma_t = 146$ მპა
	მთავარი შემაკუმშავი $\sigma_{com} = 185$ მპა
	სახსარის გასწვრივ (განივი კუმშვა) $\sigma_{com} = 100$ მპა
	ეკვივალენტური ძაბვები (გუბერ – ჰენკი – მიზეს) ენერგეტიკული თეორიის საფუძველზე $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$ $= 220$ მპა

მიღებული ფოლადი 35II თერმოდამუშავებულია, (ნორმალიზება 860-880°C, გაშვება 600-630°) დენადობის ზღვართ 2800 კგ/სმ². ფოლადის სხმულის საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma_m = 1.35$. დენადობის საანგარიშო მედეგობა $R_y = R_{um}/\gamma_m = 2100$ კგ/სმ². მთავარი დაძაბულობების მიმართ სიმტკიცე უზრუნველყოფილია!

ზღვრული ძაბვა ეკვივალენტური დაძაბულობების მიხედვით $R_y \cdot 1.1 = 2310$ კგ/სმ². სიმტკიცე ეკვივალენტური დაძაბულობების მიხედვით უზრუნველყოფილია!

10. ხიდის ფილის გაანგარიშებები

10.1 დამცავი ფენის სისქის გაანგარიშება

EN 1992-1-1-ში მითითებულია პროექტირების თანმიმდევრობა ხანგრძლივობის გათვალისწინებით:

- გარემოს შეფასება, რომელშიც ხდება ხიდის ელემენტის ექსპლუატაცია (შეფასება სრულდება ცხრილი 4.1-ში EN 1992-1-1 მიხედვით);

- დამცავი ფენის მინიმალური სისქის შერჩეულია ცხრილი 4.4 EN 1992-1-1 მიხედვით, დამოკიდებული ექსპლუატაციის გარემოზე, მუშაობის საპროექტო დროზე და ბეტონის სიმტკიცეზე.

ცხრილი 4.1 EN 1992-1-1, გარემოს ზემოქმედების კლასი EN 206-1 მიხედვით.

ცხრილი 10.1

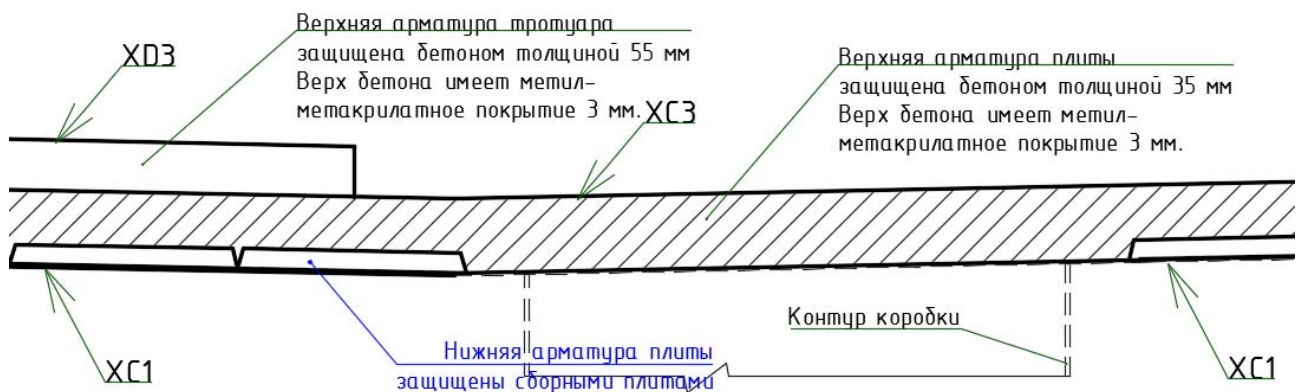
კლასი	გარემოს ხასიათი	ზემოქმედების ადგილების მაგალითები
კოროზიის რისკი არ არის		
X0	ბეტონისათვის ფოლადის ელემენტების გარეშე: ყველა ზემოქმედებისთვის გარდა გაყინვისა და გაღებობისა, გახეხვისა ან ქიმიური კოროზიისა	ბეტონი შენობის შიგნით ჰაერის დაბალი ტენიანობით
კოროზია, გამოწვეული კარბონიზაციით		
XC1	მშრალი ან მუდმივად სველი	ბეტონი მშრალ ჰაერზე ან მუდმივად წყალში
XC2	ჩვეულებრივად სველი	ფუნდამენტები მიწისქვეშ
XC3	ზომიერად ტენიანი	ბეტონი დაცული წვიმისგან
XC4	ციკლურად სველი და მშრალი	ბეტონი წყალთან კონტაქტში
კოროზია, გამოწვეული ქლორიდებით		
XD1	ზომიერად ტენიანი	ზედაპირები, ჰაერის ქლორიდებით ზემოქმედებით
XD2	სველი, იშვიათად მშრალი	ბეტონი ქლორიდების შემცველი წყლის ზემოქმედებით
XD3	ციკლურად სველი და მშრალი	ხიდის ნაწილები ქლორიდების შემცველი წყლის შხეფების ზემოქმედებით
კოროზია, გამოწვეული ზღვის წყლის ქლორიდებით		
XS1	მარილით გაჯერებული ჰაერი	ზღვისპირა კონსტრუქციები
XS2	მუდმივად ჩაძირულები	საზღვაო ნაგებობები
XS3	ზვირთცემის ზონა და წყლის მტკერი	საზღვაო ნაგებობები
გაყინვისა და გაღებობის ნეგატიური ზემოქმედება		

XF1	ზომიერად გაჯერებული წელით ქიმიური დანამატების გარეშე	ვერტიკალური ბეტონის ზედაპირები, წვიმისა და ყინვის ზემოქმედებით
XF2	ზომიერად გაჯერებული წელით ლიპეინულის საწინააღმდეგო დანამატებით	ვერტიკალური ბეტონის ზედაპირები, ყინვის და ლიპეინულის საწინააღმდეგო დანამატებიანი აეროზოლების ზემოქმედებით

ცხრილში 4.4N EN1992-1-1 მოცემულია დამცავი ფენის მინიმალური სიდიდეები, რომელებიც დამოკიდებულია კონსტრუქციასა და გარემო სივრცის კლასებზე. კონსტრუქციის კლასიფიკაცია ევროკოდებში შესრულებულია თვალსაზრისით, რომ კლასი S4 მიეკუთვნება კონსტრუქციებს მუშაობის დროით 50 წელი. მუშაობის დროით 100 წელი, ე. ი. ხიდებისათვის, კლასი უნდა გაიზარდოს S6-მდე.

ამონაწერი ცხრილიდან ცხრილი 4.4N
ცხრილი 10.2

დამცავი ფენის მინიმალური სიდიდე $C_{min,dur}$ ჩვეულებრივი არმატურის, დამოკიდებული კონსტრუქციის და გარემო სივრცის კლასზე							
კონსტრუქციის კლასი	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55



ნახ. 10.1 ხიდის ფილაზე გარემო სივრცის ზემოქმედების კლასები

საიმედო ჰიდროიზოლაციისას ფილის ზედაპირი საფარის ქვეშ არის უკეთეს პირობებში ფილის სხვა დაუფარავ ზედაპირებთან შედარებით. ჰიდროიზოლაცია იცავს ფილის ბეტონს ქლორიდების და ნახშირორჟანგი გაზების შეღწევისაგან. მაგრამ თანახმად პ. 4.2 (105) EN 1992-2 ხიდების ევროკოდისა ექსპლუატაციის პირობის კლასი ხიდის ფილებისთვის უნდა მივიღოთ როგორც ჰიდროიზოლაციით დაფარული ზედაპირისთვის, ასევე დაუფარავი

ზედაპირებისთვის. დამპროექტებელმა უნდა გაუწიოს ანგარიში, რომ თუ ჰიდროიზოლაციის ხარისხი ან დატანის პირობები საეჭვოა, მაშინ უნდა მიიღოს უფრო ხისტი XD3 კლასი.

ბორდიური, ბეტონის შემოფარგელა და ტროტუარის ელემენტები მიეკუთვნებიან XD3/XF2 კლასს. ამ ნაწილებზე ხდება სავალი ნაწილიდან ნაშხევი ქლორიდიანი წყლები. ფილის გვერდითი გარეთა ზედაპირები მიეკუთვნებიან XF1/ XC3 კლასს. წვიმისგან დაცული ზედაპირები მიეკუთვნებიან XC3 ან XC4 კლასს. ესენი ფილის ქვედა ზედაპირებია, რომლებიც ღიაა CO₂-თვის.

ევროკოდის თანახმად, დამცავი ფენა – ეს არის მანძილი არმატურის ზედაპირიდან (ცალულების ჩათვლით) და ბეტონის უახლოეს ზედაპირს შორის. დამცავი ფენის სისქე განისაზღვრება როგორც ჯამი დამცავი ფენის მინიმალური სისქისა c_{min} + დასაშვები გადახრა Δc_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

დამცავი ფენის მინიმალური სისქე c_{min} განისაზღვრება როგორც უდიდესი მნიშვნელობებიდან:

$$c_{min} = \max(c_{min,b} \text{ или } c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \text{ или } 10 \text{ мм})$$

$c_{min,b}$ დამცავი ფენის მინიმალური სისქე ბეტონთან შეკავშირების პირობით; ფენა განისაზღვრება ერთეული ღეროს დიამეტრის ტოლად d ან $d\sqrt{n}$ ღეროების ჯგუფისთვის, სადაც n - ღეროების რაოდენობა ჯგუფში.

$c_{min,dur}$ დამცავი ფენის მინიმალური სისქე, კოროზიისგან დასაცავად; განისაზღვრება ცხრილით 4.4N EN 1992-1-1, კონსტრუქციის და გარემოს კლასის მიხედვით.

$\Delta c_{dur,y}$ დამატებითი სისქე საიმედოობის ასამაღლებლად; რეკომენდირებული მნიშვნელობა = 0;

$\Delta c_{dur,st}$ სისქის შემცირება, თუ არმატურა უქანგავიო ფოლადისაა; ჩვენს შემთხვევაში = 0;

$\Delta c_{dur,add}$ სისქის შემცირება დამატებითი დაცვის არსებობისას; რეკომენდირებული მნიშვნელობა = 0.

Δc_{dev} დამცავი ფენის სისქეში გადახრა; განისაზღვრება ბეტონირების პირობებისა და კონტროლის ხარისხისგან; გადახრის რეკომენდირებული მნიშვნელობა $\Delta c_{dev} = 10 \text{ мм}$.

ევროკოდების მითითებებით თუ ვისარგებლებთ, მაშინ ფილის ექსპლუატაციისას XC3 კლასის გარემოში 100 წლის განმავლობაში, მინიმალური

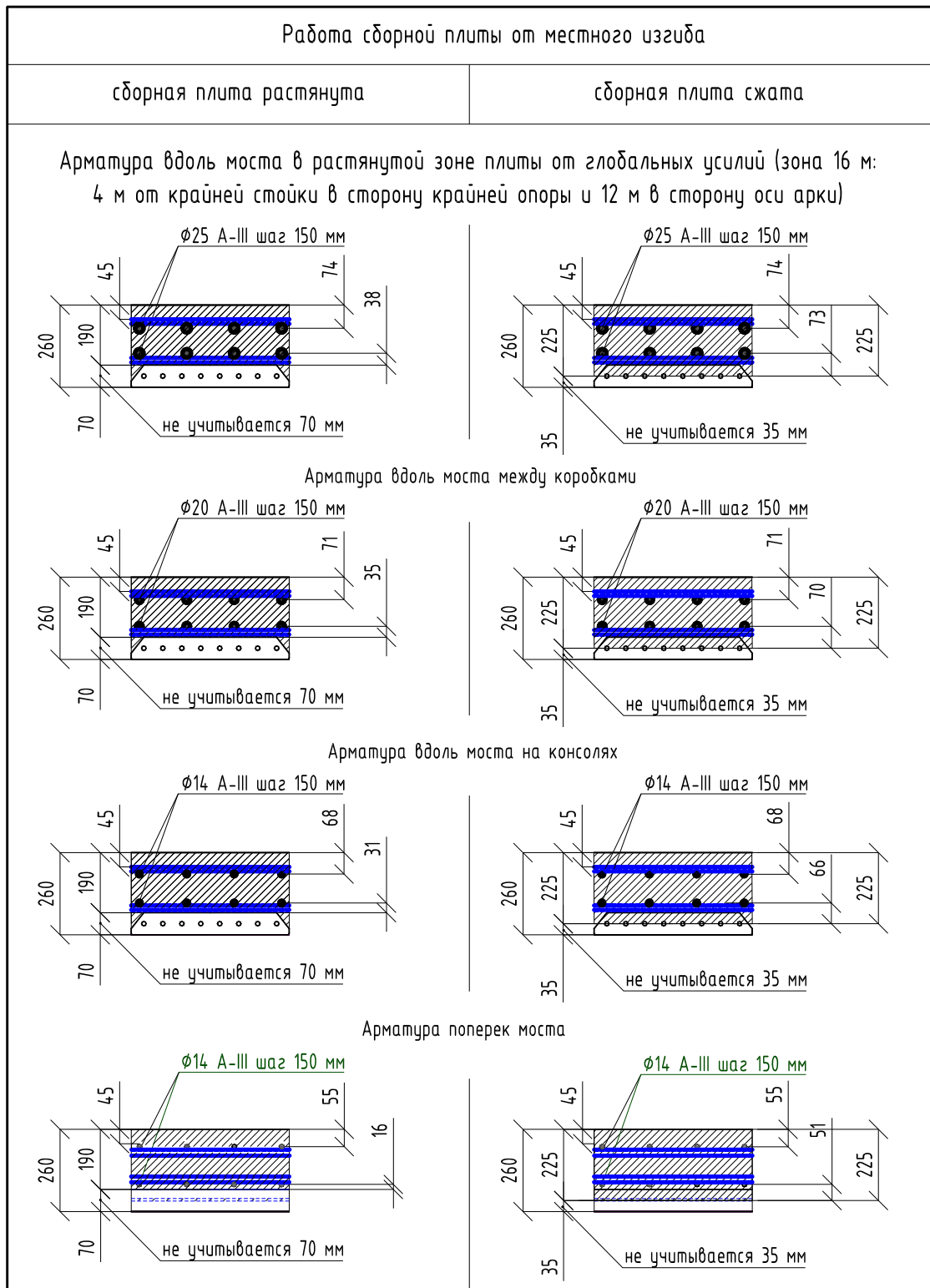
დამცავი ფენის სისქე უნდა შეადგენდეს $\epsilon_{min,dur}=35$ მმ-ს. დანადგარში შესაძლო შეცდომის დანამატის ჩათვლით $\Delta C_{dev}=10$ მმ ფილის დამცავი ფენის სიდიდე ϵ_{nom} გაიზრდება 45 მმ-მდე. მშრალ ჰაერში მყოფი ანაკრები ფილების ძირისთვის მიღებულია XC1 კლასი. დამცავი ფენის სისქის შემცირება შეიძლება არმატურის მოწყობისას შესაძლო ცდომილების შემცირების სარჯზე ΔC_{dev} , არანაკლებ 5 მმ-ისა.

ცხრილი 10.3

სამოძრაო ფილის არმატურა	პროექტირების ნორმები
	EN 1994-2; EN 1992-2; EN 1992-1-1
არმატურის დამცავი ფენის სისქე, ცალულების ჩათვლით, მმ	
ზედა	45
ქვედა	(ანაკრები ფილებისთვის) XC1 25+5=30

10.2 არმირების სქემა

ფილაში არმატურის განლაგების პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 10.2.



ნახ. 10.2 არმატურების განლაგება ხიდის გასწვრივ და განივად

10.2.1 არმატურის პირგადადების სიგრძის გაანგარიშება

არმატურის ბადეების პირგადადების სიგრძეები გამოთვლილია EN 1992-1-1:2009 სტანდარტების მითითებების თანახმად.

არმატურის Ø14 მმ პირგადადების მინიმალური სიგრძეების ანგარიში ერთ კვეთში.

ცხრილი 10.4

Наименование	Обозначение		Значение	Ссылка на EN1992-1
Призменная прочности (аналог Rb,ser по СНиП)	f_{ck}	МПа	28	Табл. 3.1
Прочность на кубе (аналог класса бетона по СНиП)	$f_{ck,cube} = f_{ck}/0.8$	МПа	35.0	Табл. 3.1
Среднее значение прочности бетона на растяжение	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{0.66}$	МПа	2.77	
Характеристическая прочность бетона на растяжение	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	МПа	1.9	Табл. 3.1
(Аналог Rb,mc2 по СНиП для продольных трещин)	$0.6 f_{ck}$	МПа	16.8	Табл. 3.1
Коэффициент надежности для бетона	γ_c		1.5	Таблица 2.1N
Расчетное значение прочности бетона на растяжение	$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	МПа	1.29	
Расчетное значение напряжений сцепления	$f_{bd} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$	МПа	2.9	формула 8.2
Коэффициент учитывающий условия сцепления	η_1		1	п.8.4.2
Коэффициент учитывающий диаметр стержня	η_2		1	п.8.4.2
Диаметр арматуры	$\emptyset$	см	1.4	
Расчетное напряжение в арматуре	σ_{sd}	МПа	350	
Базовая длина анкеровки	$l_{b,qrd} = 0.25 \cdot \emptyset \cdot \sigma_{sd} / f_{bd}$	см	42	ф.8.3 п.8.4.3
Коэффициент формы стержня	α_1		1	Таблица 8.2
Коэффициент защитного слоя	$\alpha_2 = 1 - 0.15(C_b - \emptyset) / \emptyset$		0.7	Таблица 8.2
Толщина защитного слоя над арматурой	C_d	см	6	
Коэффициент поперечной арматуры	α_3		1	Таблица 8.2
Коэффициент приварки поперечной арматуры	α_4		1	Таблица 8.2
Коэффициент усиления поперечным давлением	α_5		1	Таблица 8.2
Коэффициент размещения стыков в одном сечении	α_6		1.5	Таблица 8.3
Расчетная длина нахлеста	$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \cdot l_{b,qrd}$	см	44	ф.8.10 п.8.7.3

არმატურის Ø14 მმ პირგადადების მინიმალური სიგრძეების ანგარიში.

1/4 შეპირაპირება კვეთში.

ცხრილი 10.5

Наименование	Обозначение		Значение	Ссылка на EN1992-1
Призменная прочности (аналог Rb,ser по СНиП)	f_{ck}	МПа	28	Табл. 3.1
Прочность на кубе (аналог класса бетона по СНиП)	$f_{ck,cube} = f_{ck}/0.8$	МПа	35.0	Табл. 3.1
Среднее значение прочности бетона на растяжение	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{0.66}$	МПа	2.77	
Характеристическая прочность бетона на растяжение	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	МПа	1.9	Табл. 3.1
(Аналог Rb,mc2 по СНиП для продольных трещин)	$0.6 f_{ck}$	МПа	16.8	Табл. 3.1
Коэффициент надежности для бетона	γ_c		1.5	Таблица 2.1N
Расчетное значение прочности бетона на растяжение	$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	МПа	1.29	
Расчетное значение напряжений сцепления	$f_{bd} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$	МПа	2.9	формула 8.2
Коэффициент учитывающий условия сцепления	η_1		1	п.8.4.2
Коэффициент учитывающий диаметр стержня	η_2		1	п.8.4.2
Диаметр арматуры	$\emptyset$	см	1.4	
Расчетное напряжение в арматуре	σ_{sd}	МПа	350	
Базовая длина анкеровки	$l_{b,qrd} = 0.25 \cdot \emptyset \cdot \sigma_{sd} / f_{bd}$	см	42	ф.8.3 п.8.4.3
Коэффициент формы стержня	α_1		1	Таблица 8.2
Коэффициент защитного слоя	$\alpha_2 = 1 - 0.15(C_b - \emptyset) / \emptyset$		0.7	Таблица 8.2
Толщина защитного слоя над арматурой	C_d	см	6	
Коэффициент поперечной арматуры	α_3		1	Таблица 8.2
Коэффициент приварки поперечной арматуры	α_4		1	Таблица 8.2
Коэффициент усиления поперечным давлением	α_5		1	Таблица 8.2
Коэффициент размещения стыков в одном сечении	α_6		1	Таблица 8.3
Расчетная длина нахлеста	$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 \cdot l_{b,qrd}$	см	30	ф.8.10 п.8.7.3