



*Получена: 28.02.2017 г.*

*Приета: 24.04.2017 г.*

## **ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИЧНИТЕ СТОЙНОСТИ НА МОДУЛА НА ПРИПЛЪЗВАНЕ ЗА РАЗЛИЧНИ КЛЕЧКОВИДНИ СЪЕДИНИТЕЛИ В ЕДНОСРЕЗНИ СЪЕДИНЕНИЯ ОТ ТИП ДИСПЕРСНО АРМИРАН СЪС СЪГЪКЛЕНИ ВЛАКНА ГИПСОКАРТОН – МАСИВНА ДЪРВЕСИНА**

**В. Танев<sup>1</sup>**

***Ключови думи:** модул на приплъзване, дисперсно армиран със стъклени влакна гипсокартон, вероятностна оценка*

### **РЕЗЮМЕ**

Замяната на класическите плоскости на дървесна основа като плочи с ориентирани частици (ПОЧ-OSB) и шперплат с гипсофазер или дисперсно армиран гипсокартон в строителството със сглобяеми панели от конструктивна дървесина, става все по-често прилагано решение у нас. Стои отворен въпросът за анализа на този тип конструктивна система, при статични знакопроменливи хоризонтални въздействия в комбинация с вертикални въздействия, от гледна точка на връзката плоча на гипсова основа – масивна дървесина при използване на различни съединителни средства.

Представените експериментални изпитвания при едносрезни съединения дават начални сведения за определяне на модула на приплъзване, както и неговите характеристични стойности. Направена е статистическа и вероятностна оценка на експерименталните данни за определяне на типа на тяхното вероятностно разпределение. Представени са характеристични стойности на модула на приплъзване за два типа съединителни средства: негладки гвоздеи и скоби.

---

<sup>1</sup> Вълчо Танев, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: Tanev\_fce@uacg.bg

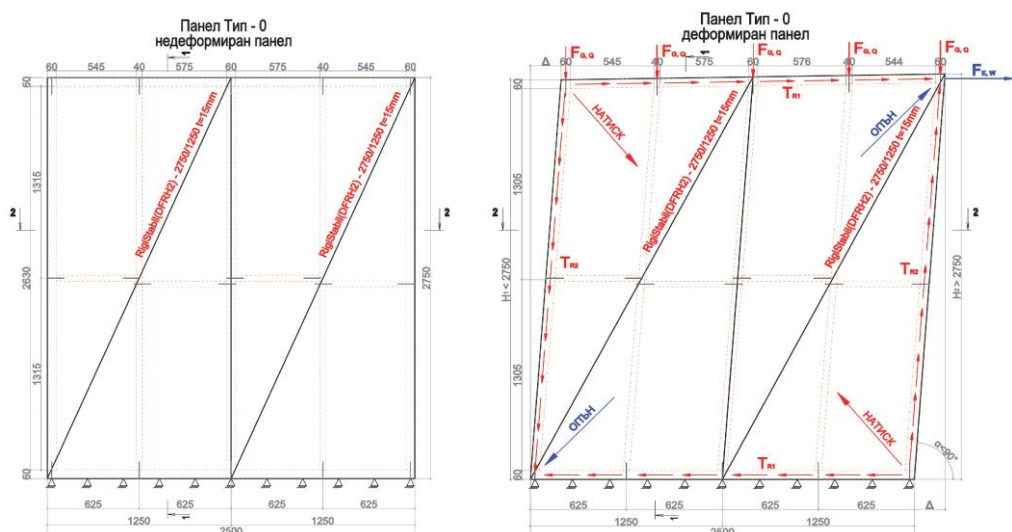
## 1. Въведение

Стремежът към оптимизиране на строителните продукти с цел поевтиняване, но същевременно запазване на техните добри характеристики е в основата на всяка една развойна дейност. Дисперсно армираният със стъклени влакна и нишки гипсокартон (ДАСВГ) е типичен пример за съвместяване на два класически материала, чрез удачна технология за реализиране на нов композитен материал. Замяната на класическите плоскости на дървесна основа като плочи с ориентирани частици (ПОЧ) или шперплат с плочи на гипсова основа, при реализиране на стенни и подови панели с рамка от масивна дървесина, подобрява някои параметри на класическия продукт. По-важните от тях са повишена пожароустойчивост (R) на панела, подобрена акустика, по-ниска абсорбция на водни пари, липса на необходимост от допълнителни работи за нанасяне на финални слоеве на стени и тавани и намалена дилатация (разширяване). Появата им в българската практиката е факт, но стои отворен въпросът с конструктивното им изследване и доказване на носеща способност, както при статични, така и при сеизмични въздействия. В Европейския стандарт Еврокод 5, вж. [1] от 2004 г. и поправките му от 2014 г., плоскостите на гипсова основа не са засегнати и не се коментира тяхното използване. Фирмите, произвеждащи дисперсно армирани плочи на гипсова основа по EN 520:2010, вж. [2], сертифицират конструктивни панели, укрепени с техните продукти чрез изпитване по EN 594:2011, вж. [3]. Последното дава основание на производителите да предлагат продукта си за конструктивни цели, което неизменно води до последващо влагане на продуктите, както в конструкции, така и в нови конструктивни продукти. Изпитванията по EN 594:2011 измерват максималната сила при разкривяване и коравина при 40% от максималната сила, но за монотонно нарастващо еднопосочно въздействие. Не е известно какво ще е поведението на панелите при циклично знакопроменливо въздействие, както не е известно и как да се докаже тяхната носеща способност при друга конфигурация във височина или широчина от изпитваните. Конструкцията на класически панел с двойна обшивка е показана на фиг. 1.



**Фиг. 1. Стенен панел – ставна рамка от дървесина, стабилизирана посредством плочи**

Основната функция на стенните панели е поемане и пренасяне на вертикални и хоризонтални въздействия, действащи в равнината им. Въздействие в равнината на панела, в общо положение, го разкривява, което води до взаимно разместване между укрепващите плочи и рамката от дървесина вследствие на хлъзгащи сили (вж. фиг. 2).



Фиг. 2. Недеформиран и деформиран панел след прилагане на въздействията

Анализът на пазара на предлаганите дисперсно армирани гипскартонени плочи открил два продукта, които бяха анализирани като потенциално възможни за производство на експериментални образци, както и последващо използване в натурни експерименти с реални (немащабирани) панели:

- RS-(DFRH2) е дисперсно армиран със стъклени влакна и нишки гипскартон (за краткост оттук нататък ДАСВГ<sup>1</sup>). Произвежда се в Чехия, но се разпространява и търгува в България;
- V-НІ е дисперсно армирана с целулозни влакна гипсова плоскост (гипсфазер), произвеждана и търгувана в България.

След кратък анализ на физико-механичните характеристики, както и наличните сертификати бе взето решение за използване на продукта RS-(DFRH2) в експерименталните образци и последващите изпитвания на панели.

## 2. Експериментални образци за определяне на $K_{slip,k}$

Показаният на фиг. 2 деформиран панел създава хлъзгащи сили  $T_{R1}$  и  $T_{R2}$ , съответно по хоризонталните и вертикалните стени на панела. За определяне на носещата способност и коравина е необходимо да познаваме поведението на съединението гипсова плоча-масивна дървесина при различни свързващи средства. За целта са направени експериментални образци, показани на фиг. 3. Използвани са две трупчета от масивна

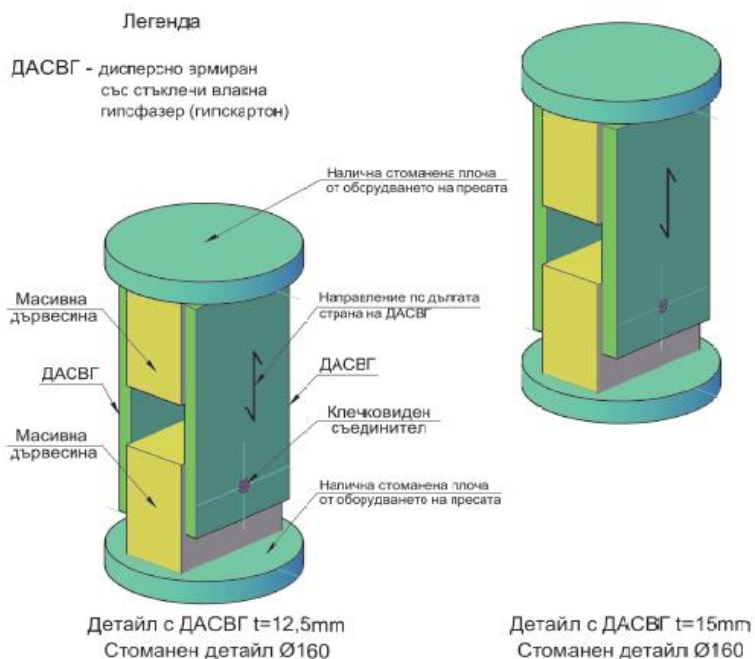
<sup>1</sup> ДАСВГ – дисперсно армиран със стъклени влакна и нишки гипскартон

дървесина, с клас на якост C24, към които от двете им срещуположни страни е монтиран RS-(DFRH2). Към горното трупче ДАСВГ е слепен посредством епоксидна смола, а към долното трупче е свързан посредством едносрезен механичен съединител, от следните видове гвоздеи, винтове или скоби (вж. фиг. 3). Пълната номенклатура на изпитаните образци е представена в табл. 1.

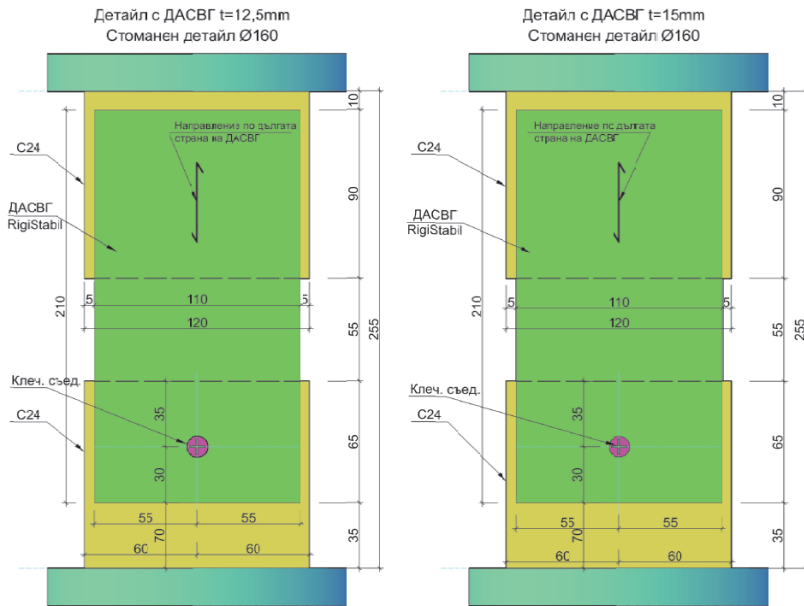
**Таблица 1. Номерация и номенклатура на експериментални образци**

Образци	Номерация на образец	Дебелина на гипскартон	Съединител	Тип	Диаметър	Номенклатура
Дървесина клас C24-Гипсокартон RS-(DFRH2)	01-1	12,5	Гвоздей	Гладък	2,5	T-C24 - RS-12,5/Nail_SRound-2,5x50
	01-2	12,5	Гвоздей	Негладък	2,5	T-C24 - RS-12,5/Nail_ARinged-2,5x50
	01-3	12,5	Винт	Изяло наряз. стebло	3	T-C24 - RS-12,5/Screw-3,0x50
	01-4	12,5	Винт	Изяло наряз. стebло	4	T-C24 - RS-12,5/Screw-4,0x50
	01-5	12,5	Скоба - перпендикулярна	KG 745 CNK горещопоцинкована	1,23/1,53	T-C24 - RS-12,5/Staple_Perpendicular-Haubold - KG745 - 1,34x1,6x45
	01-6	12,5	Скоба - успоредна	KG 745 CNK горещопоцинкована	1,23/1,53	T-C24 - RS-12,5/Staple_Parallel-Haubold - KG745 - 1,34x1,6x45
Дървесина клас C24-Гипсокартон RS-(DFRH2)	02-1	15	Гвоздей	Гладък	2,5	T-C24 - RS-15/Nail_SRound-2,5x50
	02-2	15	Гвоздей	Негладък	2,5	T-C24 - RS-15/Nail_ARinged-2,5x50
	02-3	15	Винт	Изяло наряз. стebло	3	T-C24 - RS-15/Screw-3,0x50
	02-4	15	Винт	Изяло наряз. стebло	4	T-C24 - RS-15/Screw-4,0x50
	02-5	15	Скоба - перпендикулярна	KG 745 CNK горещопоцинкована	1,23/1,53	T-C24 - RS-15/Staple_Perpendicular-Haubold - KG745 - 1,34x1,6x45
	02-6	15	Скоба - успоредна	KG 745 CNK горещопоцинкована	1,23/1,53	T-C24 - RS-15/Staple_Parallel-Haubold - KG745 - 1,34x1,6x45

Поради високата си технологичност при работа с гвоздеи и скоби тук ще бъдат представени само резултатите от техните изпитвания в съединение с ДАСВГ с дебелина  $t = 15 \text{ mm}$ . Подробни размери на експерименталните образци са представени на фиг. 4.

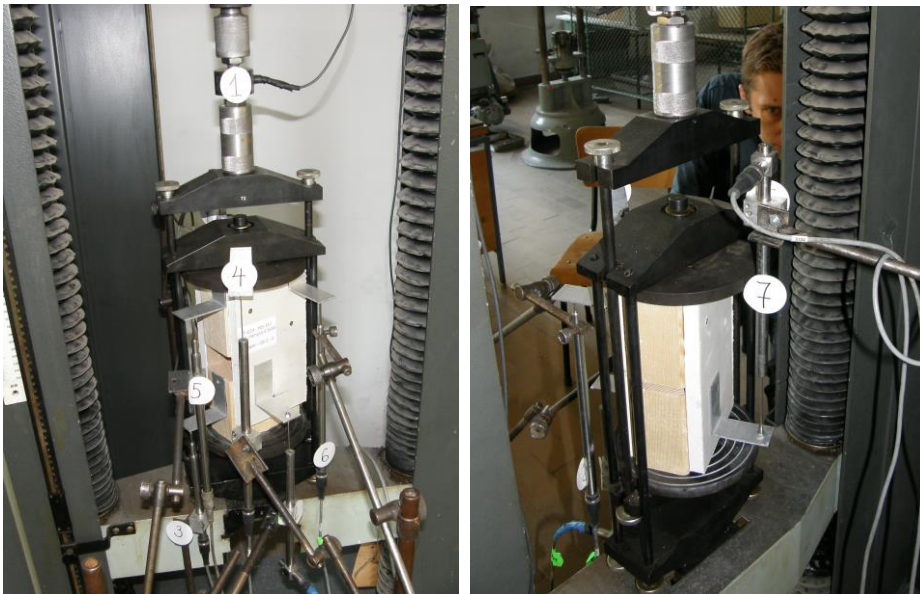


**Фиг. 3. Общ вид на експериментални образци с ДАСВГ  $t = 12,5 \text{ mm}$  и  $t = 15 \text{ mm}$**



Фиг. 4. Общ вид на експериментални образци с ДАСВГ при  $t = 12,5 \text{ mm}$  и  $t = 15 \text{ mm}$

При натоварване на образеца се прилага преместване на горната стоманена плоча посредством преса с константна скорост на движение. ДАСВГ се размества спрямо долното трупче, където е свързан посредством механичен съединител. За определяне на силата и взаимните размествания са използвани силомер и индуктивни датчици. Всички данни са числено записани с честота на снемане на резултатите от датчиците 5 Hz (пет отчета за 1 s). Експерименталната постановка е показана на фиг. 5.

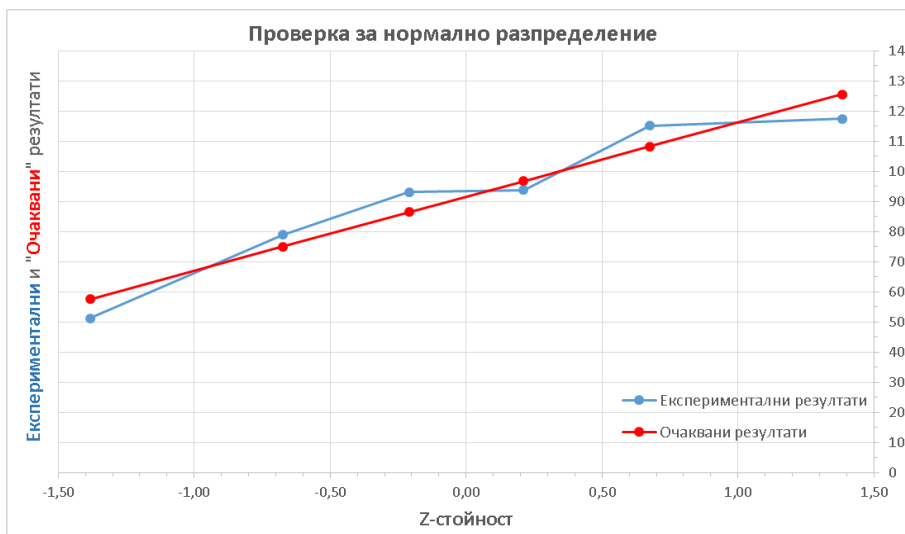


Фиг. 5. Общ вид на експериментална постановка: вляво – отпред, вдясно – отзад

Въпреки дисперсната армировка от стъклени влакна ДАСВГ не е изотропен материал, а следва да се приеме за ортотропен материал. Последното означава, че ориентацията на материала ще има значение за поведението на изпитваното съединение. Предоставените резултати са само за надлъжно направление на ДАСВГ. В близко бъдеще предстои да се изпитат и серия от образци с плочи от ДАСВГ, изрязани в напречно направление<sup>1</sup>. Всички изпитвания са проведени в съответствие с изискванията на следните стандарти: БДС EN 1380 [4], БДС EN 1381 [5], БДС EN 1382 [6], БДС EN 1383 [7] и БДС EN 26891 [8]. Вероятностната обработка на резултатите за всяка серия е извършена в съответствие с изискванията на БДС EN 14358 [9].

### 3. Експериментални резултати

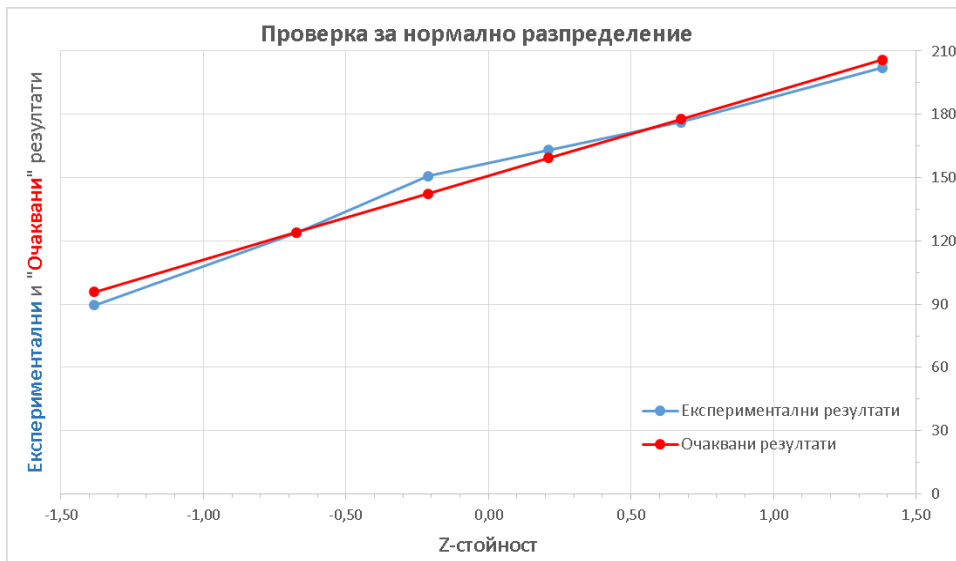
Експерименталните резултати са представени за серии от образци с обозначение „S-02-2“ – негладки гвоздеи, „S-02-5“ – скоби, поставени перпендикулярно на влакната на дървесината и „S-02-6“<sup>2</sup> – скоби, успоредни на влакната на дървесината. Във всяка серия са изпитани по шест образца, обозначени съответно „S-02-5-1÷6“. За вероятностната обработка на резултатите е изключван образец с най-голямо стандартно отклонение, но са представени изчисленията за  $K_{slip,k}$  както за шест, така и за пет образца. За определяне на типа на разпределението на експерименталните данни е използван методът „Z-опит“ за проверка на хипотезата, че резултатите са нормално разпределени. Резултатите от направените изчисления за трите серии „S-02-2“, „S-02-5“ и „S-02-6“, са представени съответно на фиг. 6, фиг. 7 и фиг. 8. Ако експерименталните резултати са в близост до „Очакваните“ резултати (червената права линия), тогава имаме основание да приемем, че експерименталните данни са нормално разпределени.



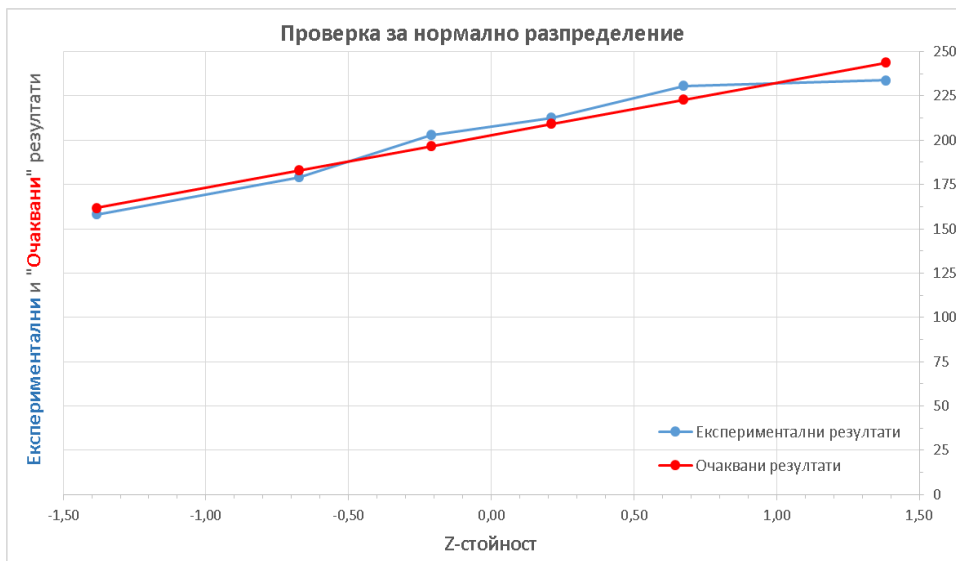
Фиг. 6. Проверка за нормално разпределение за образци „S-02-2-1“ до „S-02-2-6“

<sup>1</sup> Производството на ДАСВГ е безконечен процес. По-високите характеристики на плочите са по дългата страна. В напречно посока (късата страна) плочата има по-малка якост и модул  $E_{x,mean}$ .

<sup>2</sup> S-XX-X: Обозначението „S“ е за образец от английски (S – sample). XX-X е номер на серията.



Фиг. 7. Проверка за нормално разпределение за образци „S-02-5-1” до „S-02-5-6”

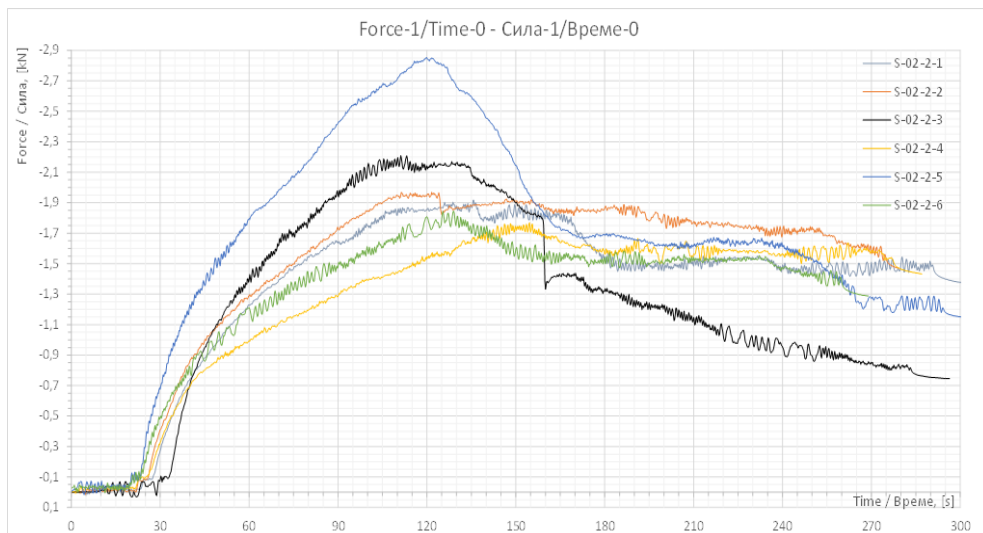


Фиг. 8. Проверка за нормално разпределение за образци „S-02-6-1” до „S-02-6-6”

При серии от данни с малко резултати, каквито са настоящите изпитвания, е вероятно експерименталните данни да не покрият хипотезата на „Z-опита“. От представените графики за трите серии следва да се заключи, че експерименталните резултати се разпределят близко до очакваните резултати. Последното е доказателство, че резултатите са нормално разпределени. За определяне на характеристичните стойности на търсените величини следва да се използва математическият модел на нормалното (Гаусово) разпределение.

### 3.1. Резултати за S-02-2

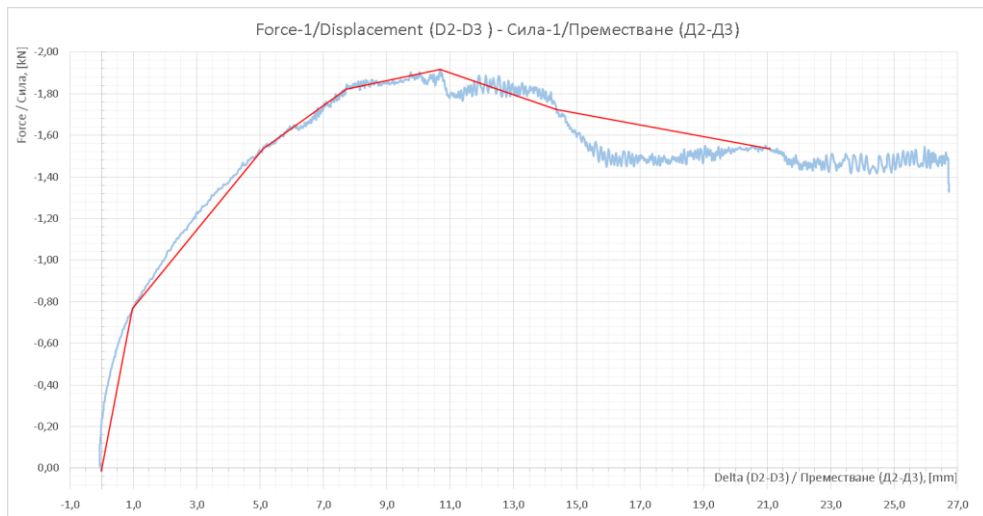
Резултатите от шестте изпитвания в серията са представени на фиг. 9.



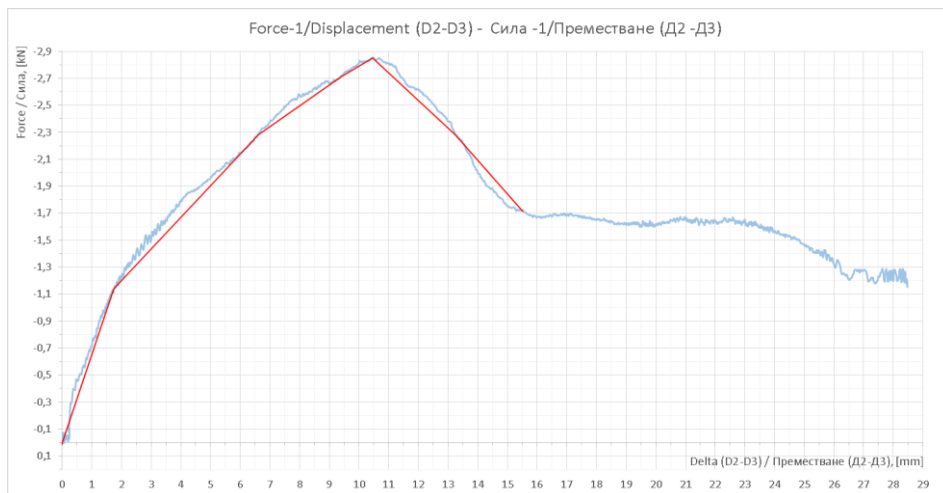
Фиг. 9. Изменение на силата „ $F_1$ “ във времето за образци „S-02-2-1“ до „S-02-2-6“

За определяне на модула на приплъзване  $K_{slip}$  са взети резултатите от взаимното разместване при  $0,4F_{max}$  и при  $0,8F_{max}$ . Резултати за два от образците са дадени съответно на фиг. 10 и фиг. 11.

За определяне на характеристикната стойност на граничната носеща способност  $F_{u,k}$  са използвани максималните сили за шест и пет образеца. В таблица 2 и таблица 3 са показани резултатите от изчисленията. В светлочервено е образецът, който е премахнат от серията, поради най-голямо стандартно отклонение.



Фиг. 10. Зависимост сила-преместване за образец S-02-2-1 и модул на приплъзване  $K_{slip}$



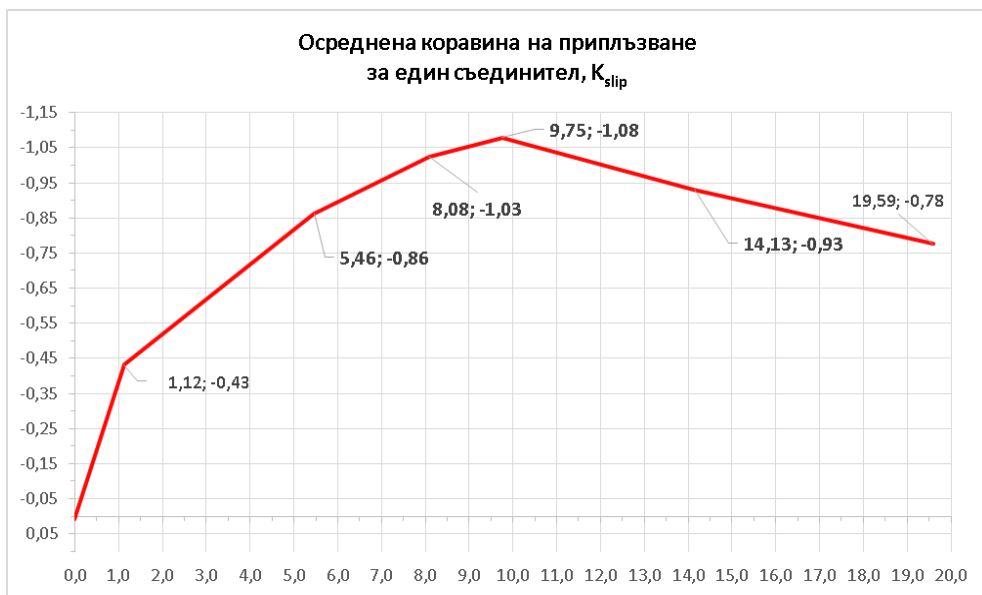
Фиг. 11. Зависимост сила-преместване за образец S-02-2-5 и модул на приплъзване  $K_{slip}$

Таблица 2. Изчисляване на стандартното отклонение за всеки от образците

Номер на образец	$K_{slip,i}$ , [kN/m]	$\ln(K_{slip,i})$	6 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$	5 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$
1	93,12	4,53392948	0,00271463	0,00326175
2	93,72	4,54028484	0,00341728	0,00257621
3	115,18	4,74651311	0,07005857	0,02417151
4	51,20	3,93575790	0,29819182	0,42939622
5	117,37	4,76535347	0,08038708	0,03038477
6	78,97	4,36912512	0,01270179	0,04924675

Таблица 3. Определена характеристична стойност на  $K_{slip}$  за шест и пет образеца

	Изчисляване на хар. стойност на коравината за 6-образеца		Изчисляване на хар. стойност на коравината за 5-образеца	
Стандартно откл.	0,3058	0,3058	0,1656	0,1656
Средна стойност	91,5952	91,5952	99,6741	99,6741
Средно логарит.	4,4818	4,4818	4,5910	4,5910
$k_s$	2,33		2,46	
Вариация	603,7256	603,7256	265,1479	265,1479
Коеф. на вар.	0,0682	0,0682	0,0361	0,0361
Интервал на определеност	0,2447	0,2447	0,1451	0,1451
	$K_{slip,k}$ , [kN/m]	5%, квантил	$K_{slip,k}$ , [kN/m]	5%, квантил
	43,35	3,77	65,61	4,18

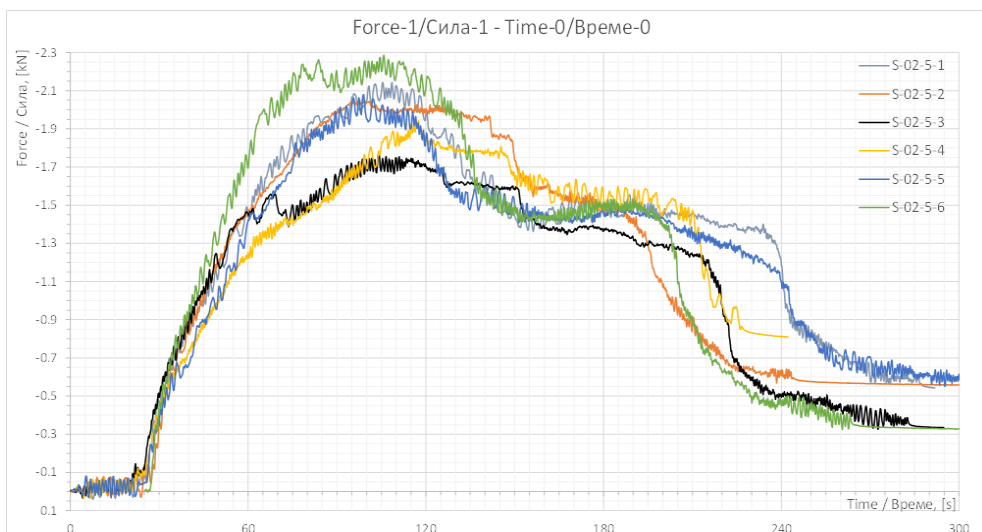


**Фиг. 12. Осреднен модул (коравина) на приплъзване  $K_{slip}$  по зони за петте образца**

За определяне на характеристичните стойности на максималната сила  $F_{max}$  е използвана същата методика. За шестте образца  $F_{max,k} = 0,69$  kN, а за пет образца, след премахване на образца с най-голямо стандартно отклонение, е  $F_{max,k} = 0,79$  kN.

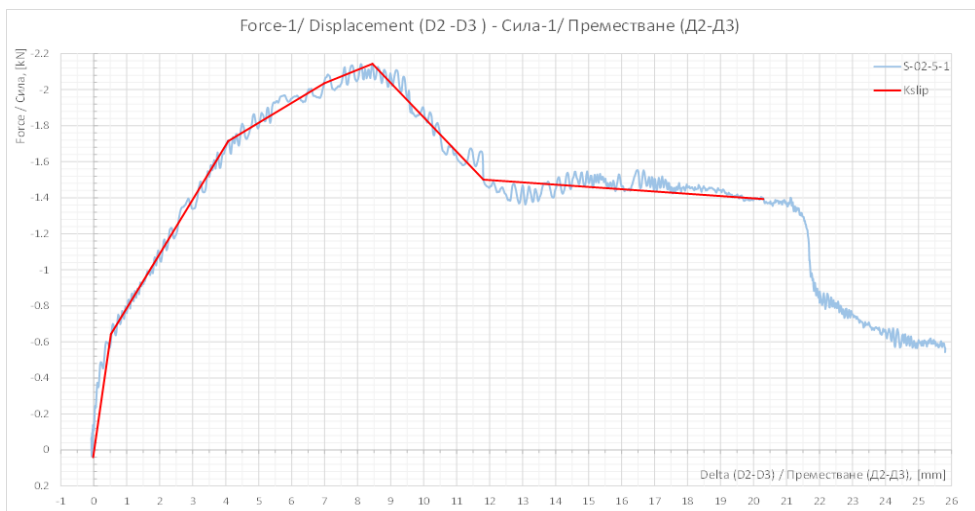
### 3.2. Резултати за S-02-5

Резултатите от шестте изпитвания в серията са представени на фиг. 13.

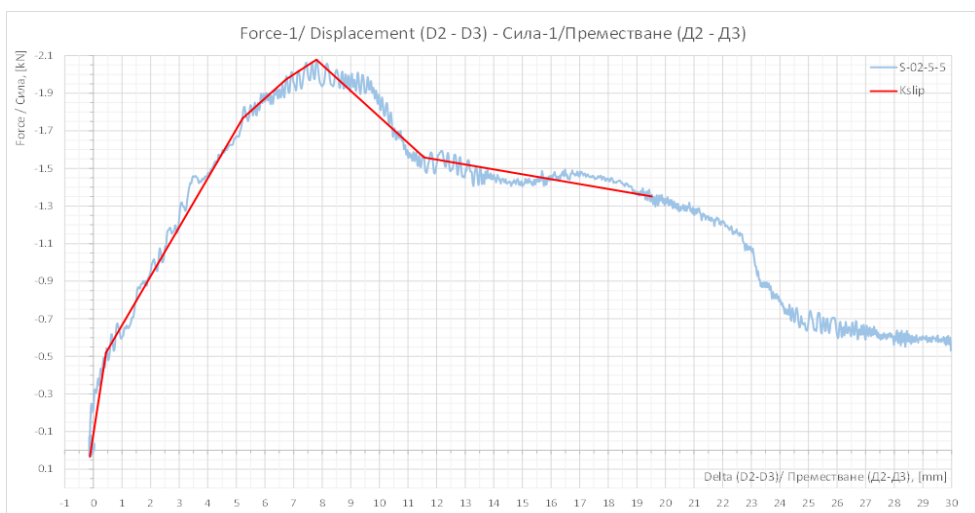


**Фиг. 13. Изменение на силата „ $F_1$ ” във времето за образци „S-02-5-1” до „S-02-5-6”**

Модулът на приплъзване  $K_{slip}$  е определен за резултатите от взаимното разместване при  $0,3F_{max}$  и при  $0,8F_{max}$ . Резултати за два от образците са дадени съответно на фиг. 14 и фиг. 15.



Фиг. 14. Зависимост сила-преместване за образец S-02-5-1 и модул на приплъзване  $K_{slip}$



Фиг. 15. Зависимост сила-преместване за образец S-02-5-5 и модул на приплъзване  $K_{slip}$

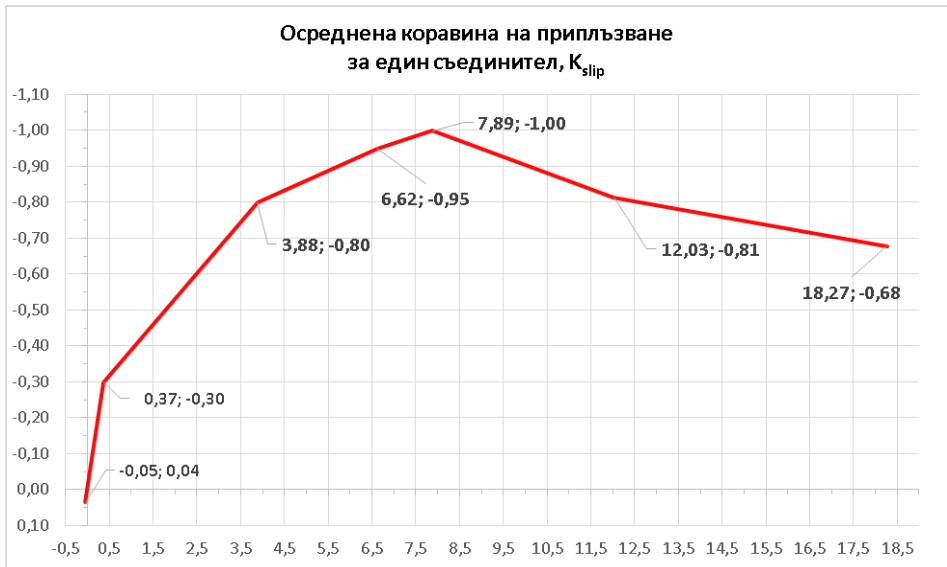
В таблица 4 и таблица 5 са показани резултатите от изчисленията. В светло-червено е образецът, който е премахнат от серията, поради най-голямо стандартно отклонение.

**Таблица 4. Изчисляване на стандартното отклонение за всеки от образците**

Номер на образец	$K_{slip,i}$ , [kN/m]	$\ln(K_{slip,i})$	6 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$	5 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$
1	164,28	5,10156398	0,01072176	0,00000713
2	176,27	5,17199757	0,03026888	0,00534423
3	162,98	5,09360907	0,00913765	0,00002792
4	89,45	4,49364164	0,25439555	0,36632959
5	123,80	4,81870071	0,03215470	0,07850790
6	202,07	5,30859525	0,09645821	0,04397490

**Таблица 5. Определени характеристични стойности на  $K_{slip}$  за шест и пет образеца**

	Изчисляване на хар. стойност на коравината за 6 - образеца		Изчисляване на хар. стойност на коравината за 5 - образеца	
Стандартно откл.	0,2943	0,2943	0,1788	0,1788
Средна стойност	153,1399	153,1399	165,8785	165,8785
Средно логарит.	4,9980	4,9980	5,0989	5,0989
$k_s$	2,33		2,46	
Вариация	1613,3780	1613,3780	799,6729	799,6729
Коеф. на вар.	0,0589	0,0589	0,0351	0,0351
Интервал на определеност	0,2355	0,2355	0,1567	0,1567
	$K_{slip,k}$ , [kN/m]	5%, квантил	$K_{slip,k}$ , [kN/m]	5%, квантил
	74,61	4,31	105,54	4,66

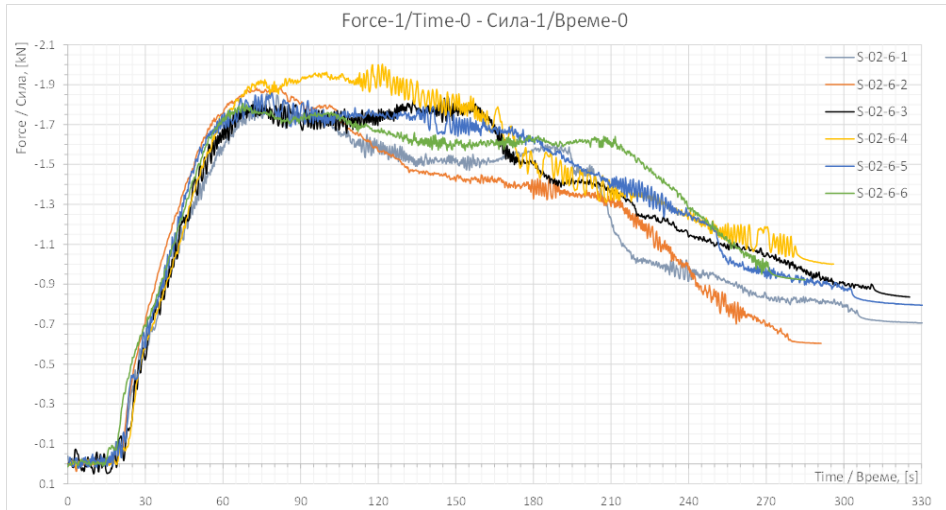


**Фиг. 16. Осреднен модул (коравина) на приплъзване  $K_{slip}$  по зони**

За определяне на характеристикните стойности на максималната сила  $F_{\max}$  е използвана описаната по-горе методика. За шестте образца  $F_{\max,k} = 1,67 \text{ kN}$ , а за пет образца, след премахване на образца с най-голямо стандартно отклонение, е  $F_{\max,k} = 1,81 \text{ kN}$ .

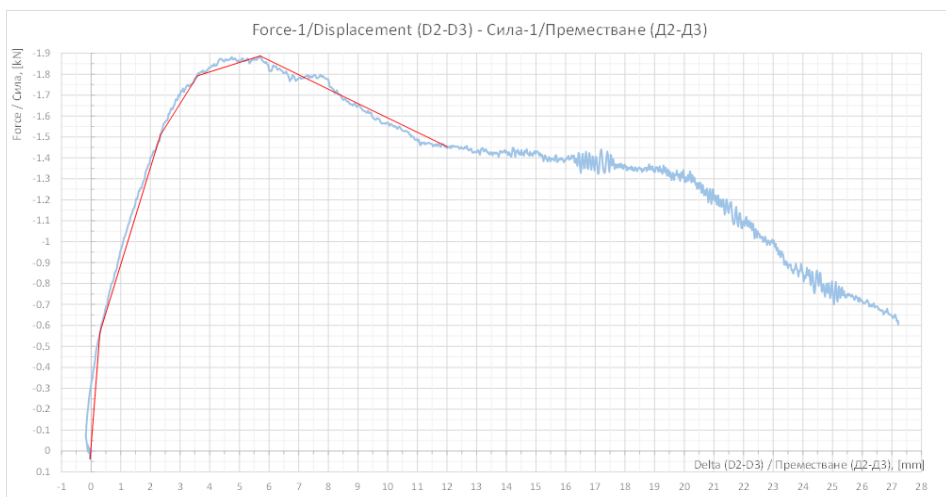
### 3.3. Резултати за S-02-6

Резултатите от шестте изпитвания в серията са представени на фиг. 17.



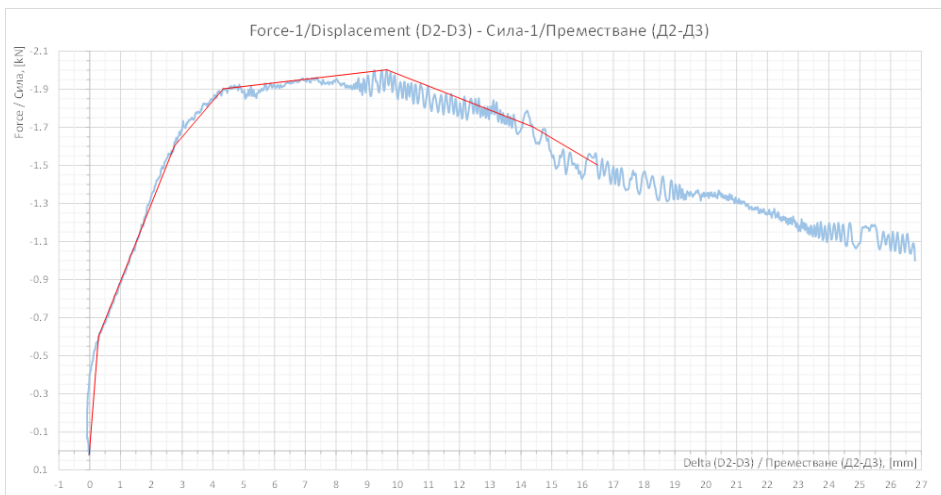
Фиг. 17. Изменение на силата „ $F_1$ ” във времето за образци „S-02-6-1” до „S-02-6-6”

Модулът на приплъзване  $K_{slip}$  е определен за резултатите от взаимното разместване при  $0,3F_{\max}$  и при  $0,8F_{\max}$ . Резултати за два от образците са дадени съответно на фиг. 18 и фиг. 19.



Фиг. 18. Зависимост сила-преместване за образец S-02-6-2 и модул на приплъзване  $K_{slip}$

В таблица 6 и таблица 7 са показани резултатите от изчисленията. В светлочервено е образецът, който е премахнат от серията, поради най-голямо стандартно отклонение.



Фиг. 19. Зависимост сила-преместване за образец S-02-6-4 и модул на припльзване  $K_{slip}$

Таблица 6. Изчисляване на стандартното отклонение за всеки от образците

Номер на образец	$K_{slip,i}$ [kN/m]	$\ln(K_{slip,i})$	6 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$	5 - образеца $(\ln(K_{slip,i}) - \text{Mean})^2$
1	158,04	5,062848724	0,0577919386	0,0832203916
2	230,58	5,440578003	0,0188594574	0,0079655325
3	212,71	5,35995201	0,0032153149	0,0000743706
4	203,00	5,313183452	0,0000987080	0,0014550196
5	233,91	5,454923734	0,0230054485	0,0107320407
6	179,11	5,188003656	0,0132813195	0,0266748972

Таблица 7. Определени характерни стойности на  $K_{slip}$  за шест и пет образеца

	Изчисляване на хар. стойност на коравината за 6 - образеца		Изчисляване на хар. стойност на коравината за 5 - образеца	
Стандартно откл.	0,1525	0,1525	0,1083	0,1083
Средна стойност	202,8906	202,8906	211,8606	211,8606
Средно логарит.	5,3032	5,3032	5,3513	5,3513
$k_s$	2,33		2,46	
Вариация	880,4097	880,4097	1100,5088	1100,5088
Коеф. на вар.	0,0288	0,0288	0,0202	0,0202
Интервал на определеност	0,1220	0,1220	0,0949	0,0949
	$K_{slip,k}$ [kN/m]	5%, квантил	$K_{slip,k}$ [kN/m]	5%, квантил
	140,89	4,95	161,57	5,08



Фиг. 20. Осреднен модул (коравина) на приплъзване  $K_{slip}$  по зони

За определяне на характеристичните стойности на максималната сила  $F_{max}$  е използвана описаната по-горе методика. За шестте образеца  $F_{max,k} = 1,72$  kN, а за пет образеца, след премахване на образеца с най-голямо стандартно отклонение, е  $F_{max,k} = 1,78$  kN.

#### 4. Анализ на резултатите

Изчислените стойности за  $K_{slip,k}$  и  $F_{max,k}$  от експерименталните резултати са обобщени в табл. 8.

Таблица 8. Обобщени изчисления от експериментални резултати

Серия	Изчислени характеристични стойности за серии от пет образеца			
	$K_{slip,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$F_{max,k}$ [kN]	CV – $K_{slip}$ (коефициент на вариация)	CV – $F_{max}$ (коефициент на вариация)
S-02-2	65,61	0,79	0,0361	2,5940
S-02-5	105,54	1,81	0,0351	0,0814
S-02-6	161,57	1,78	0,0202	0,0261

От представените резултати в табл. 8 можем да направим следните по-важни заключения по реда на сериите:

- Съединенията с гвоздеи показват най-ниска коравина и носеща способност. Последното се дължи на ранно продъгване на ДАСВГ под главата на гвоздея. Не се наблюдава изтръгване на гвоздея от дървесината. За подобряване на носещата способност е необходимо използване на

гвоздеи с по-голям диаметър на главата от стандартния за материали на дървесна основа.

- Коефициентът на вариация за  $K_{slip}$ , за серия S-02-2, е нисък, но изключително висок за  $F_{max}$ . Този резултат се обяснява с факта, че смачкването на ДАСВГ в околността на гвоздея се влияе малко от армирането, докато продънването е силно зависимо от разположението на армиращите влакна.
- За серии S-02-5 и S-02-6 е интересен фактът, че показват близки носещи способности за граничната сила  $F_{max}$ , което не е очакван резултат, отчитайки факта, че за скоби, разположени успоредно на влакната на дървесината носещата способност, се намалява с коефициент 0,7 [1]. Изтръгване на скобата от дървесината не е измервано и е трудно да бъде определено с настоящата постановка.
- За коравината на приплъзване серия S-02-5 има по-ниски стойности от S-02-6, което може да се обясни с ефекта на „прищипване” на стъклените влакна между двата крака на скобата. Последното е причина за повишаване на коравината и носещата способност. За образци S-02-5 такъв ефект не се наблюдава.
- Коефициентът на вариация за  $K_{slip}$  и  $F_{max}$ , за серия S-02-5, е по-висок от съответните стойности за серия S-02-6, което е видно и от приложените фиг. 13 и фиг. 17 на зависимостта сила-преместване. Последното се обяснява с различния тип на разрушение при крайно гранично състояние, за S-02-5 – продънване, а за S-02-6 – „прищипване” с продънване.

## 5. Заключение

Представените изследвания на съединения от дисперсно армиран със стъклени влакна гипсокартон-масивна дървесина, при използване на различни съединителни средства, дават начални сведения за поведението на съединението при статично монотонно нарастващо натоварване. Необходимо са допълнителни изследвания при група от съединителни средства, за определяне на коефициент на ефективен брой съединители „ $n_{ef}^c$ ”. Необходимо е и изследване при циклично знакопроменливо натоварване. За тази цел е необходима и друга експериментална постановка, различна от показаната на фиг. 3. Определените характеристични стойности на коравината на приплъзване могат да бъдат използвани за модели по МКЕ на реални панели. Предвиждат се допълнителни изпитвания на серия от 10 образца за по-точно определяне на характеристичните стойности на коравината, с оглед практическо приложение на изведените резултати. Проведените изследвания са добра основа за разработка на аналитичен модел за изчисляване на  $K_{slip,k}$  и  $F_{max,k}$  при различни видове съединителни средства, който ще бъде представен в следващи публикации.

## Благодарности

Авторът изказва искрена благодарност на екипа от оценители към УАСГ – ЦНИП за одобрената и финансирана разработка през първия етап на научната тема БН-191/2016 г.

Благодарност към целия научен екип на тема БН-191/2016 г. и специални благодарности към инж. Симеон Бояджиев за огромната му помощ при реализацията на експерименталните изпитвания и доц. д-р инж. Соня Първанова за безкористната ѝ подкрепа и работата ѝ върху нелинейните изследвания по МКЕ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1995-1-1:2004/A2:2014 Еврокод 5: Проектиране на дървени конструкции. Част 1-1: Основни положения. Основни правила и правила за сгради.
2. БДС EN 520:2004+A1:2009 Gypsum plasterboards – Definitions, requirements and test methods.
3. БДС EN 594:2011 Timber structures – Test methods – Racking strength and stiffness of timber frame wall panels.
4. БДС EN 1380:2009 Timber structures – Test methods – Load bearing nails, screws, dowels and bolts.
5. БДС EN 1381:2016 Timber structures – Test methods – Load bearing stapled joints.
6. БДС EN 1382:2016 Timber Structures – Test methods – Withdrawal capacity of timber fasteners.
7. БДС EN 1383:2016 Timber structures – Test methods – Pull through resistance of timber fasteners.
8. БДС EN 26891:2003 Timber structures – Joints made with mechanical fasteners - General principles for the determination of strength and deformation characteristics (ISO 6891:1983).
9. БДС EN 14358:2016 Timber structures – Calculation and verification of characteristic values.
10. *Verschuuren, Dr. Gerard, M.* Excel 2013 for Scientists, Holy Macro! Books, PO Box 82, Uniontown, OH 44685 USA, December 2013.
11. *Grinstead, Charles, M., Snell, J. Laurie.* Introduction to Probability, [https://www.dartmouth.edu/~chance/teaching\\_aids/.../probability.../amsbook.mac.pdf](https://www.dartmouth.edu/~chance/teaching_aids/.../probability.../amsbook.mac.pdf), Dartmouth University, USA, 2003.

# **CALCULATING THE CHARACTERISTIC VALUES OF SLIP MODULES FOR DIFFERENT TYPES OF DOWEL FASTENERS AT SINGLE SHEAR CONNECTIONS OF FIBRE PLASTER BOARDS – SOLID TIMBER**

**V. Tanev<sup>1</sup>**

*Keywords: slip module, metal dowel type fasteners, fibre plaster boards, probability estimation, characteristic values*

## **ABSTRACT**

In contemporary building construction using timber panels more and more frequently the classical plates like OSB and plywood are changed with the fibre gypsum boards. The main uncertainty in the design process for static and dynamic actions of such kind of panels comes from the lack of knowledge for the stiffness and ultimate capacity of the connection FGB – solid timber while using different types of fasteners like annular ringed nails and staples.

The presented experimental studies of single shear connections provide initial information about the slip module as well as about its characteristic values. A statistical and probabilistic assessment of experimental data is done to determine the type of their probability distribution. The characteristic values presented are of the module slip for two types of fasteners, namely annular ringed nails and staples.

---

<sup>1</sup> Vatyu Tanev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structure”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: tanev\_fce@uacg.bg