УДК 624.01 **doi:10.31650/2707-3068-2019-23-74-80**

УСИЛЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ

Романенко С.Н., старший преподаватель
romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896
Андриевская Я.П., ассистент
ГВУЗ «Херсонский государственный аграрный университет»
yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-2515

Аннотация. В статье приведены результаты обследования здания для выявления поврежденных, деформированных несущих элементов каркаса. Разработаны мероприятия по усилению элементов фермы с целью дальнейшей безопасной эксплуатации, а также изменены условия работы конструкции, в результате роста нагрузки не предусмотренных проектом (крепление солнечных панелей). Разработана расчетная модель металлической фермы, усиленной введением новых дополнительных элементов решетки – шпренгелей. После обследования и проверочных расчетов принято решение, что эксплуатация здания после установки на крыше элементов альтернативной энергии возможна при условии разработки специального проекта на усиление элементов металлической фермы.

Ключевые слова: ферма, усиление, шпренгель, нагрузки, перемещения, прогиб.

Вступление. Стремительное подорожание энергоносителей в мире (природного газа, угля, нефти и т.д.) приводит к чрезвычайно стремительному росту цен на электрическую энергию для украинских предприятий и отдельных хозяйств.

На сегодняшний день есть эффективное решение для населения и производства по поводу внедрения систем генерации электроэнергии из альтернативных (возобновляемых) источников. Солнечные электростанции представлены в виде систем, что функционируют на основе солнечных батарей, которые создают электрическую энергию из солнечной. Установка солнечных электростанций на крыше зданий и сооружений ведет к росту нагрузки на несущие конструкции и к изменениям условий эксплуатации, что является основной причиной усиления конструкций.

Анализ последних исследований и публикаций. К наиболее распространенным традиционным способам усиления металлоконструкций относятся: увеличение и наращивание сечений элементов, устройство дополнительных связей, рёбер, диафрагм, распорок, усиления соединений элементов, установка дополнительных элементов в существующие конструкции.

Способы усиления ферм весьма разнообразны. Широко применяется традиционный, наиболее универсальный способ увеличение сечений стержней. Суть его заключается в присоединении дополнительных, стержневых элементов усиления к существующим стержням и включение их в общую работу по восприятию усилий, возникающих в элементах от внешних воздействий.

Усиление ферм посредством увеличения пространственной жесткости достигается путем постановки дополнительных связей, тяжей, увеличением сечения стержней.

Способом изменения конструктивной схемы можно усилить как отдельные стержни, так и ферму в целом. Усиление сжатых стержней ферм устройством шпренгелей, уменьшающие расчетную длину стержней. Такой метод усиления повышает устойчивость стержней только в плоскости фермы и его следует применять при незначительном увеличении усилий в стержнях.

Принципиально новым способом усиления металлических конструкций является способ, основанный на использовании армированных фибрами полимерных материалов. Усиление композитными материалами металлических конструкций, в отличие от железобетонных, получило наименьшее распространение. Внешнее армирование с фиброармированных пластиков в основном используется для усиления колонн, балок,

стропильных и подстропильных ферм (элементы которые больше и чаще всего нуждаются в усилении) и других конструкций. Однако при проектировании усиления конструкций из металла необходимо учитывать остаточную несущую способность и жесткость элементов, которые поддаются усилению.

Цели и задания. Целью исследования является обследование здания для выявления поврежденных элементов, формулирование предложений по усилению или замене этих элементов, расчет их конструктивных параметров. Исследование выполнено с применением классических расчетов строительной механики и методов компьютерного моделирующего эксперимента в программном комплексе «Лира САПР 2013», который алгоритмически базируется на методе конечных элементов.

Задания исследования:

- разработка расчетной модели металлической фермы, усиленной дополнительными стержнями;
- расчет существующей и усиленной металлической фермы;
- проанализировать результаты, полученные после экспериментальных исследований.

Материалы и методика исследования. Для решения поставленных задач было выполнено комплексное обследование и обмеры строительных конструкций склада согласно нормам [1-4].

Объектом обследования являются строительные конструкции одноэтажного зернового склада № 6. Согласно технической документации зерновой склады № 6 построен 1955 году. Склад расположен в сельскохозяйственном комплексе ХПП ОАО «Херсонский КХП» по адресу: Херсонская обл., Белозерский район, с. Никольское, ул. Репринская, дом 2-А.

В плане здание прямоугольной формы с размерами 61,5 х 19,9 м. Конструктивная схема здания - каркасное. Основными элементами каркаса однопролетного здания являются – металлические колонны и фермы ФС-1, которые образуют поперечную раму каркаса. Продольные элементы каркаса - это связи между колоннами и фермами, кровельные прогоны.

Фундаменты под наружные стены - ленточные из бутовой кладки.

Отдельно выполнены фундаменты под колонны, примыкающие к ленточному существующему фундаменту. Фундамент под металлические колонны столбчатый монолитный железобетонный. Глубина заложения фундамента 0,3 м от уровня чистого пола.

Наружные стены здания выполнены двухслойные с использованием кладки из силикатного кирпича снаружи и камня ракушечника внутри. Высота наружных стен составляет 3,5 м. По периметру стен выполнен монолитный железобетонный пояс высотой 0,4 м. Вдоль продольных стен снаружи установлено 22 контрфорсы с двух сторон здания.

Крыша - ломаная. Материал покрытия - профиль оцинкованный листовой гнутый с трапециевидными гофрами для строительства, высота волны 20 мм согласно ДСТУ Б 2.6-9: 2008.

Ферма ФС-1 металлическая треугольного очертания. Система решетки - треугольная с дополнительными стойками. Решетка фермы выполнена из стального гнутого замкнутого сварного профиля (ГСП) квадратного сечения, верхний и нижний пояс имеет швеллерное сечение - из двух швеллеров, установленных полками внутрь.

Прогоны покрытия выполнены сплошного сечения с ГСП квадратного сечения.

Колонны сплошного и постоянного по высоте сечения выполнены из стальной трубы радиусом 273 мм, закрепленные на опорной плите. Шаг колонн составляет 6,0 м. Соединение колонны с фундаментом жесткое с помощью анкерных болтов. Сопряжение колонны с фундаментом принято с помощью базы с траверсой.

Высота помещения зернового состава составляет 9,0 м.

В результате визуального и инструментального обследования строительных конструкций здания во время эксплуатации было установлено, что эксплуатируемые пролетные металлоконструкции (фермы) имеют сверхнормативные прогибы и требуют

корректировки проектных решений. Провисание ферм предотвращает обустройство строительного подъема, который не был учтен при изготовлении (фото 1).

Фото 1. Общий вид каркаса склада. Стропильные фермы имеют сверхнормативные прогибы

Крепление прогонов к верхнему поясу выполнено с помощью сварки и не в узлах фермы.

После обследования принято решение о возможности использования существующих конструкций в дальнейшем. При этом конструкции могут быть усилены с восстановлением их работоспособности и повышение несущей способности за счет специальных мероприятий.

Основной причиной усиления фермы являются:

- изменение условий эксплуатации по сравнению с проектными;
- рост нагрузки не предусмотренных проектом (крепление солнечных батарей);
- наличие недопустимых дефектов и повреждений на стадии проектирования, изготовления и монтажа.

Предложено рациональный вариант усиления несущих конструкций покрытия. Это - введение новых дополнительных элементов решетки - шпренгелей (см. рис.1).

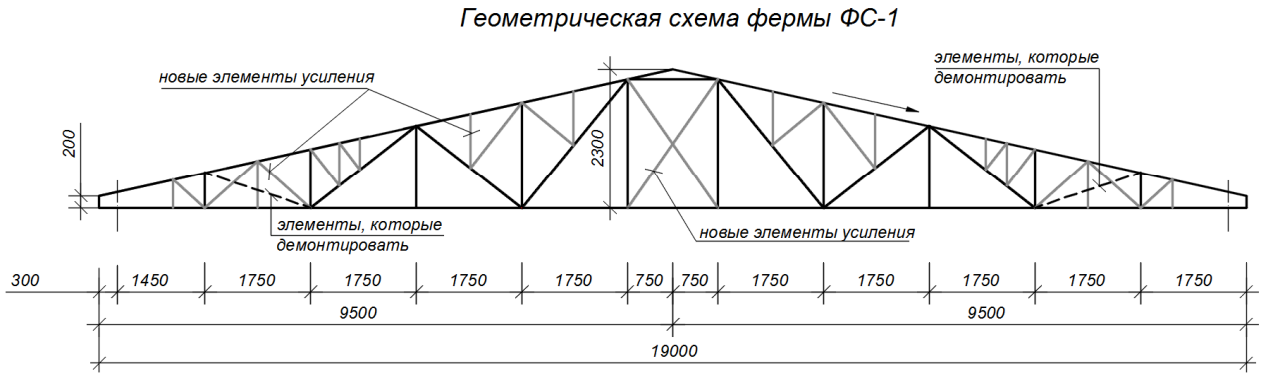

Рис. 1. Схема стропильной фермы ФС-1, усиленной с помощью дополнительных элементов решетки

Как правило, необходимым элементом обследования является проверочный расчет конструкций с учетом их фактического состояния. Проверочный расчет конструкций с учетом влияния дефектов и повреждений выполняется с целью определения несущей способности, а также разработки мероприятий по усилению элементов фермы для дальнейшей безопасной эксплуатации.

Результаты исследований. Статический расчет конструкции выполнялся с учетом выявленного фактического состояния элементов и соединений. Для оценки несущей способности металлоконструкций каркаса здания склада №6 в сельскохозяйственном комплексе ХПП ОАО «Херсонский КХП» по адресу: Херсонская обл., Белозерский район, с. Никольское, ул. Репринская, дом 2-А. дом 2-А, согласно нормам [5, 6] выполнен расчет металлической фермы в программном комплексе «Лира САПР 2013», которая является компьютерной системой для структурного анализа и проектирования. [7]

Проверка несущей способности и устойчивости конструкций выполнена в соответствии с действующими нормативными документами ДБН 2.6-198: 2014 [8].

Расчет ферм выполняют в такой последовательности:

- разработка расчетной схемы фермы;
- определение и сбор нагрузки;
- определение расчетных усилий в элементах фермы;
- подбор поперечных сечений растянутых и сжатых элементов.

Было создано 2 расчетные модели: 1- расчет модели без усиления, 2 -расчет модели с усилением.

Расчет модели без усиления. Расчетная схема с приложенными нагрузками и перемещений вдоль оси Z от расчетных нагрузок представлена на рис. 2, 3.

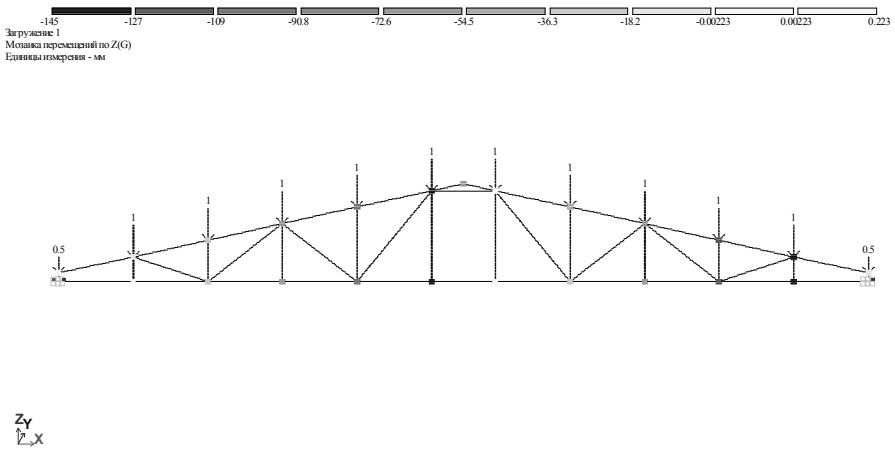

Рис. 2. Перемещение вдоль оси Z от расчетных нагрузок в ферме без усиления

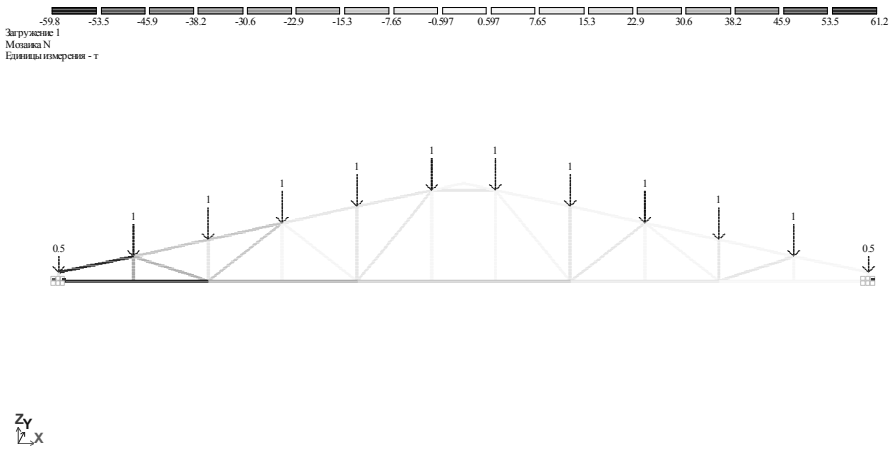

Рис. 3. Расчетные усилия от нормативных нагрузок в элементах фермы

Расчет модели с усилением. Разработана новая схема фермы с учетом нагрузки от устройства на крыше солнечных батарей. На рис. 4, 5 представлены расчетные схемы с приложенными нагрузками.

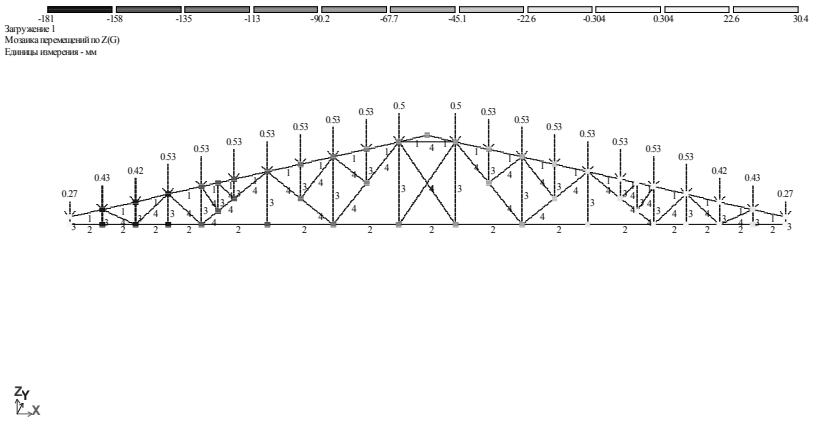

Рис. 4. Перемещение вдоль оси Z от расчетных нагрузок в усиленной ферме

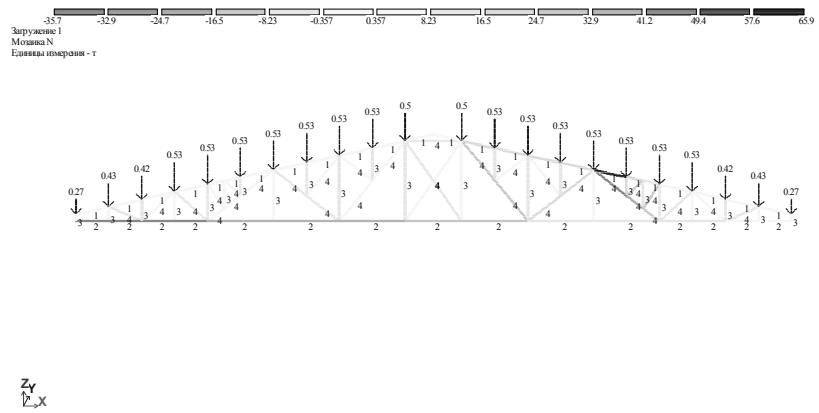

Рис. 5. Расчетные усилия от нормативных нагрузок в элементах фермы

Выводы. В результате усиления произошло распределение усилий и изменился характер деформирования фермы, повысилась несущая способность.

После обследования и проверочных расчетов принято решение, что эксплуатация здания после установки на крыше элементов альтернативной энергии возможна при условии устранения выявленных недостатков и дефектов и разработки специального проекта на усиление элементов металлической фермы.

Литература

1. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. [Чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. 82 с.

2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. 32 с.

3. ДСТУ Б В.2.6-210-2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. [На заміну ДБН 362-92; чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 46-51с.

4. Барашиков А. Я. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений / А. Я. Барашиков, А. Н. Малышев. – Киев: НМЦ Держнаглядохоронпраці України, 1998. – 23 с.

5. ДБН В. 1.2-14-2018. Загальні принципи запезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. [Чинний з 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 29 с.

6. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. [Чинний з 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 21с.

7. Учебное пособие программный комплекс Лира-Сапр 2013 / [Д. А. Городецкий, М. С. Барабаш, Р. Ю. Водопьянов та ін.]. – Киев - Москва: Электронное издание, 2013. – 376 с.

8. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. [чинні з 2015-01-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.

References

[1] DBN V.3.1-1-2002. Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuvalnykh budivelnykh konstruktsii i osnov promyslovykh budynkiv ta sporud. [Chynnyi z 2017-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP "UkrNDNTs", 2017. 82 s.

[2] DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. [Chynnyi z 2017-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP "UkrNDNTs", 2017. 32 s.

[3] DSTU B V.2.6-210-2016. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivelnykh konstruktsii, shcho ekspluatuiutsia. [Na zaminu DBN 362-92; chynnyi z 2017-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2016. 46-51s.

[4] Barashykov A.Ia., Malishev O.M. Otsenka tekhnycheskoho sostoianyia stroytelnыkh konstruktsyi, zdanyi y sooruzhenyi : NMTs Derzhnahliadokhoronpratsi Ukrainy, 1998. 23 s.

[5] DBN V. 1.2-14-2018. Zahalni pryntsypy zapezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel ta sporud. [Chynnyi z 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2018. 29 s.

[6] DBN V.1.2-9-2008. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob`iektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Bezpeka ekspluatatsii. [Chynnyi z 2008-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008. 21s.

[7] Horodetskyi D.A., Barabash M.S., Vodopianov R.Iu., Tytok V.P., Artamonova A.E. Uchebnoe posobye prohramnыi kompleks Lyra-Sapr 2013: uchebnoe posobye. Moskva: Эlektronnoe yzdanye, 2013. 376 s.

[8] DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia. [chynni z 2015-01-01] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2014. 199 s.

ПІДСИЛЕННЯ ІСНУЮЧОЇ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРИТТЯ

Романенко С.М., старший викладач
romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896
Андрієвська Я.П., асистент
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-2515

Анотація. Сонячна енергетика світу зростає експоненційними темпами і тому на сьогоднішній день ефективним рішенням є впровадження сонячних електростанцій. Встановлення альтернативних джерел потрібно починати із проведення енергетичного аудиту, обстеження будівель та споруд, розробки проектної документації. Встановлення нового технічного обладнання на даху веде до зростання навантаження на несучі конструкції. У зв’язку з цим несучі елементи каркасу будівлі потребують підсилення.

В статті наведено результати візуального та інструментального обстеження зернового складу розташованого в сільськогосподарському комплексі згідно якого виявлені деформації конструкцій покриття.

Необхідним елементом обстеження є перевірочний розрахунок конструкцій з урахуванням їх фактичного стану. Перевірочний розрахунок конструкцій з урахуванням

впливу дефектів і пошкоджень виконувався з метою: можливості подальшої експлуатації без будь-яких обмежень; необхідність підсилення конструкцій.

Об'єктом дослідження є існуючі металеві конструкції балкового типу - ферми, а предметом дослідження - методи раціонального підсилення і регулювання зусиль у таких конструкціях**.**

У зв'язку збільшенням навантаження та недостатнім перерізом елементів ферми запропоновано зміна статичної схеми ферми за допомогою встановлення додаткових елементів решітки – шпренгелів.

Розрахунок ферми полягає у визначенні поздовжніх зусиль в усіх її стержнях, які в подальшому будуть використовуватись у підборі (перевірці) поперечного перерізу її елементів.

Дослідження виконано із застосуванням класичних розрахунків будівельної механіки та методів комп'ютерного моделюючого експерименту в програмному комплексі «Ліра САПР 2013», який алгоритмічно базується на методі скінчених елементів.

Запропоновано раціональний варіант підсилення несучих конструкцій.

Влаштування сонячних панелей на покрівлі будівлі можлива за умови розробки робочого проекту на підсилення елементів металевої ферми.

Ключові слова: ферма, підсилення, шпренгель, навантаження, переміщення, прогин

STRENGTHENING OF THE EXISTING BEARING STRUCTURE OF THE COATING

Romanenko S.M., senior lecturer
romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896
Andrievska Y.P., assistant
Kherson State Agrarian University
yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-2515

Summary. The solar power of the world is growing at an exponential rate and so today is an effective solution to the introduction of solar power plants. The installation of alternative sources should start with energy audits, building and facility surveys, project documentation development. Installation of new technical equipment on the roof increases the load on the supporting structures. In this regard, the supporting elements of the building frame need reinforcement.

The article presents the results of visual and instrumental examination of the grain composition located in the agricultural complex according to which deformations of the cover structures were revealed. A necessary element of the survey is to check the design of the structures, taking into account their actual condition. Verification calculation of structures, taking into account the effect of defects and damages, was carried out with the aim of: possibility of further operation without any restrictions; the need to strengthen the structures.

The object of the study is the existing metal structures of the beam type - the farm, and the subject of the study are the methods of rational reinforcement and regulation of effort in such structures.

Due to the increased load and insufficient cross-section of the farm elements, it is suggested to change the static scheme of the farm by installing additional elements of the grid - struts.

The calculation of the farm is to determine the longitudinal efforts in all its rods, which will later be used in the selection (verification) of the cross-section of its elements.

The study was performed using classical calculations of construction mechanics and methods of computer simulation experiment in the software complex "Lira CAD 2013", which is algorithmically based on the finite element method.

The rational variant of strengthening of load-bearing structures is offered.

The installation of solar panels on the roof of a building is possible provided that a working project is developed to strengthen the elements of the metal farm.

Key words: farm, strengthening, tendon, load, displacement, deflection