



КОНКУРСНАЯ РАБОТА

АО «ОКБ «Аэрокосмические системы»
на участие в конкурсе «Авиастроитель года»
по итогам 2022 года

по теме:

«Разработка отечественных **гибких тяг** для систем управления
авиационной техники»

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении долгого времени в промышленности для передачи механических усилий традиционно использовались жесткие тяги и тросы типа «боуден» (рисунок 1а и 1б соответственно). Каждая из таких конструкций занимает свою нишу, но существует множество ситуаций, когда применение указанных конструкций невозможно, например, по массо-габаритным характеристикам. Альтернативой в данном случае выступает современная конструкция для передачи механических усилий – **гибкие тяги** (рисунок 1в).

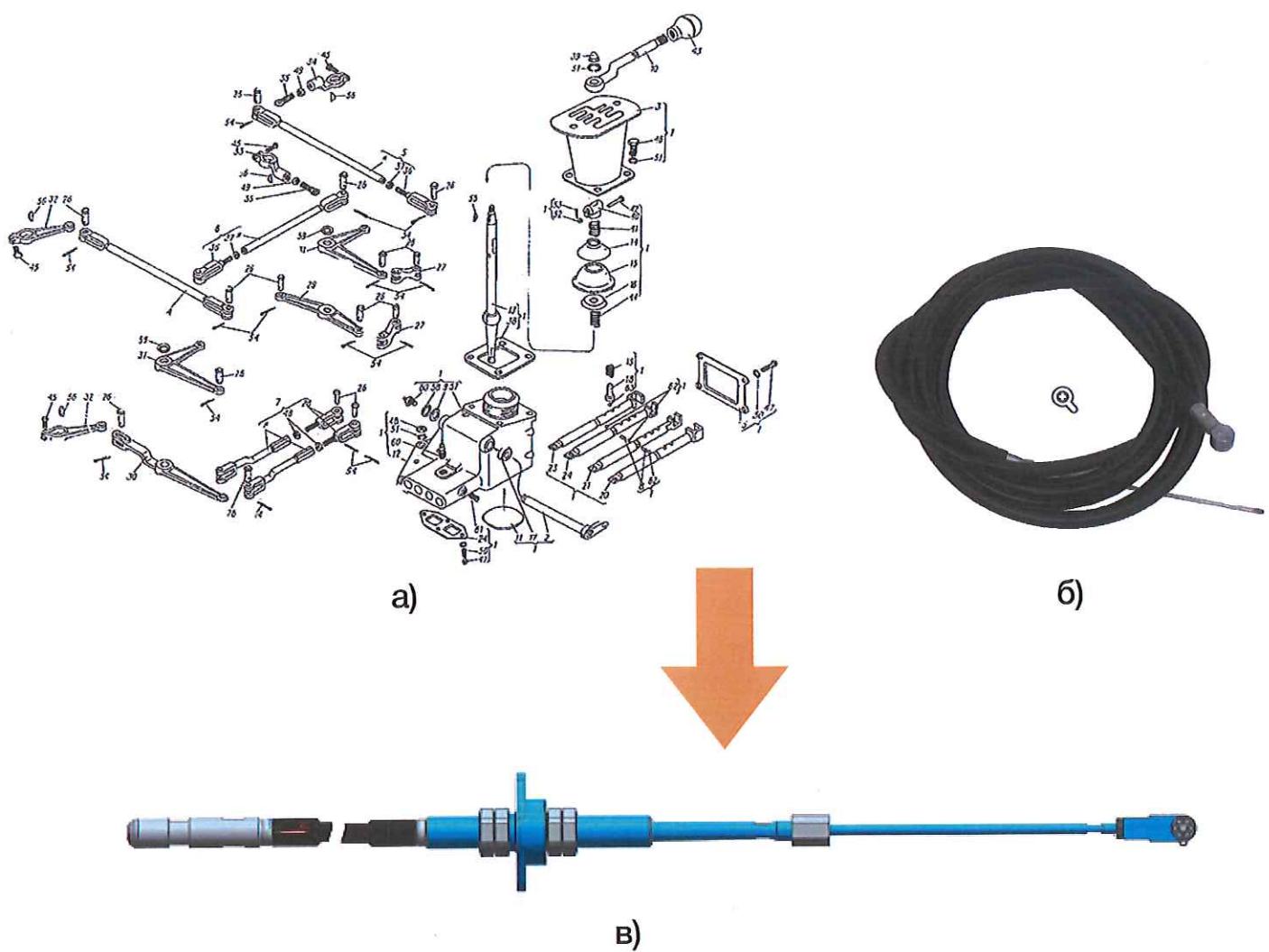


Рисунок 1

ГИБКИЕ ТЯГИ

Конструкция гибкой тяги основана на работе **линейного шарикоподшипника**, шарики которого используются для уменьшения силы трения (рисунок 2).

Основными преимуществами гибких тяг являются:

- 01** низкая масса и габариты;
- 02** рабочий ход до 200 мм (оноционально возможно увеличение рабочего хода), передаваемое усилие до 6000 Н на сжатие и до 15000 Н на растяжение;
- 03** длина до 20 метров;
- 04** имеют высокий КПД, как правило, 97 %, и обычно не хуже 90 %;
- 05** минимальное количество деталей для установки на воздушном судне (объекте) и как следствие – простая технология монтажа, низкие трудозатраты на монтаж;
- 06** не требуют свободного пространства для работы;
- 07** монтаж может быть осуществлен в одном объеме с кабельными трассами, трубопроводами и др.;

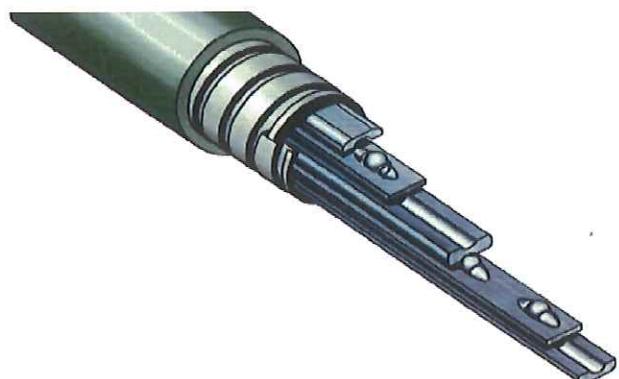


Рисунок 2

- 08** не требуют технического обслуживания в ходе эксплуатации воздушного судна (объекта);
- 09** срок эксплуатации равен сроку эксплуатации воздушного судна (боевой машины);
- 10** отсутствие необходимости выполнения специальных контрольных операций в ходе монтажа.

Таким образом, гибкие тяги имеют все преимущества жестких тяг и тросов, и вместе с тем, лишены их недостатков.

Начиная, примерно с 2000 года гибкие тяги стали прочно входить в отечественные изделия в самых разных отраслях промышленности. В то же время в России производство гибких тяг до сих пор не освоено, потребители выстроили отношения с зарубежными фирмами (в авиастроении главным образом с французскими, в других отраслях промышленности с итальянскими) и не заинтересованы в разработке и постановке на производство в России изделий, серийно выпускающихся за рубежом.

В связи с уходом с рынка зарубежных поставщиков и отсутствием в настоящее время в России компаний, обладающих компетенциями в разработке и изготовлении гибких тяг, АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» было принято решение начать освоение производства гибких тяг в качестве инициативной работы, а затем предлагать потребителям постановку на производство изделий, имея определенный задел в данной области.

Пример гибкой тяги, разработанной в АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» для самолета SSJ-NEW, приведен на рисунке 3. Изготовлено порядка десяти гибких тяг (включая макетные образцы), проведена примерка в ЛИК (г. Жуковский) на борту самолета SSJ-95, подтверждающая работоспособность конструкции на воздушном судне.



Рисунок 3

Конструкция гибкой тяги в общем виде состоит из следующих элементов:

- 01** наконечники (например, серьга и адаптер наконечника на рисунке 3);
- 02** толкателя (толкателей);
- 03** сердечника;
- 04** сепараторов;
- 05** направляющих;
- 06** необходимого количества шариков;
- 07** оболочки (как правило, металлорукав с ПВХ покрытием);
- 08** фланцы, опоры качения, гермопроходники и др.;
- 09** уплотнительных устройств (на рисунке 3 – гайка).

ПРИНЦИП РАБОТЫ, ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ

Принцип работы гибкой тяги показан на рисунке 4. Сердечник, благодаря шарикам, свободно перемещается относительно направляющих с заданным рабочим ходом что позволяет передавать механическое усилие с высоким КПД.

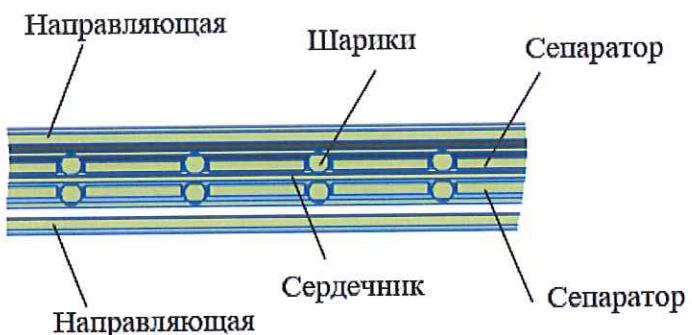


Рисунок 4

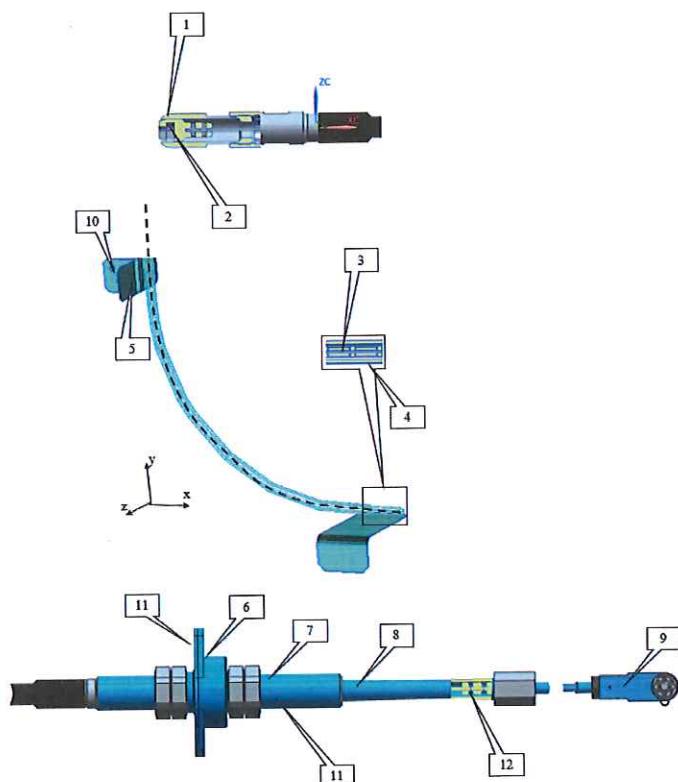


Рисунок 5 – Зоны с минимальными запасами прочности

В ходе проведения работ были выполнены расчеты для оценки прочности конструкции и рекомендации по ее оптимизации.

Прочность элементов определена по напряжениям, полученным на основе внутренних нагрузок соответствующих элементов конечно-элементной модели и с использованием аналитических методик.

Расположение зон с минимальными запасами прочности показано на рисунке 5.

Примеры проведенных расчетов прочности приведены на рисунке 6. В ходе проведения работы был выполнен анализ материалов, а также их сочетаний, используемых для изготовления гибких тяг, которые гарантируют высокую надежность и долговечность в заданных условиях эксплуатации.

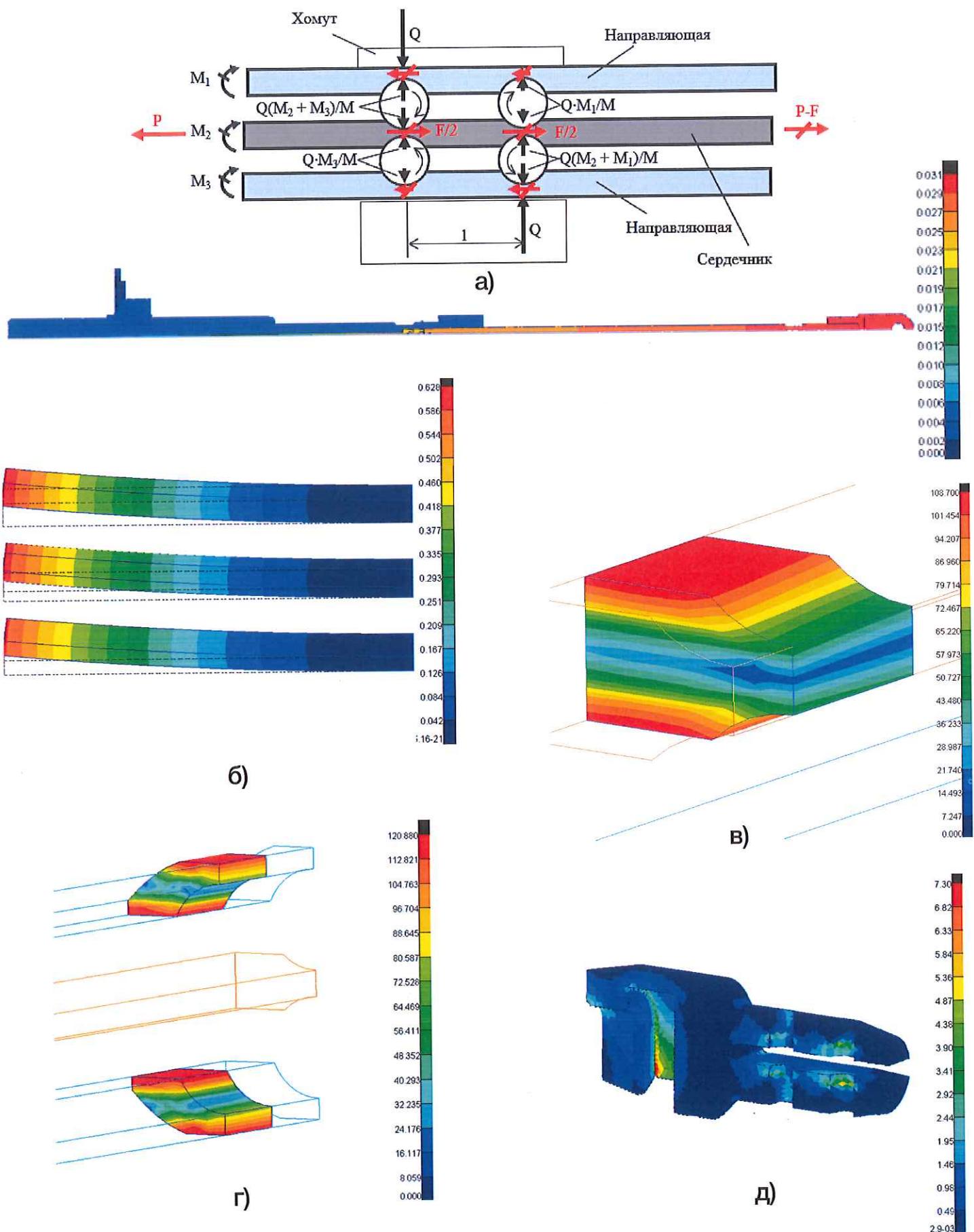


Рисунок 6 – Примеры расчетов прочности

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

В ходе работ по импортозамещению тяг гибких (тросов) в 2022 году были выполнены работы по следующим **изделиям авиационной техники**:

01 Трос стояночного тормоза самолета SSJ-NEW.

Разработаны комплекты конструкторской и технологической документации. Изготовлено порядка десяти указанных гибких тяг (включая макетные образцы), проведена примерка в ЛИК (г. Жуковский) на борту воздушного судна SSJ-95, подтверждающая работоспособность конструкции на воздушном судне. Получен положительный протокол, подтверждающий работу гибкой тяги на воздушном судне. На рисунке 7 а-г показано размещение гибкой тяги на воздушном судне и положительный результат проверки работоспособности изделия. Стрелками указано расположение гибкой тяги.

На рисунке можно увидеть, что монтаж осуществлен в одном объеме с существующими коммуникациями воздушного судна, изделие не конфликтует с существующими кабельными и трубопроводными трассами, не мешает функционированию ни одной из существующих систем воздушного судна. Показана возможность монтажа гибкой тяги на воздушном судне со всеми действующими системами и агрегатами, включая прохождение герметичных переборок на готовом воздушном судне. На рисунке 7 г показан положительный результат проверки работы гибкой тяги на воздушном судне.

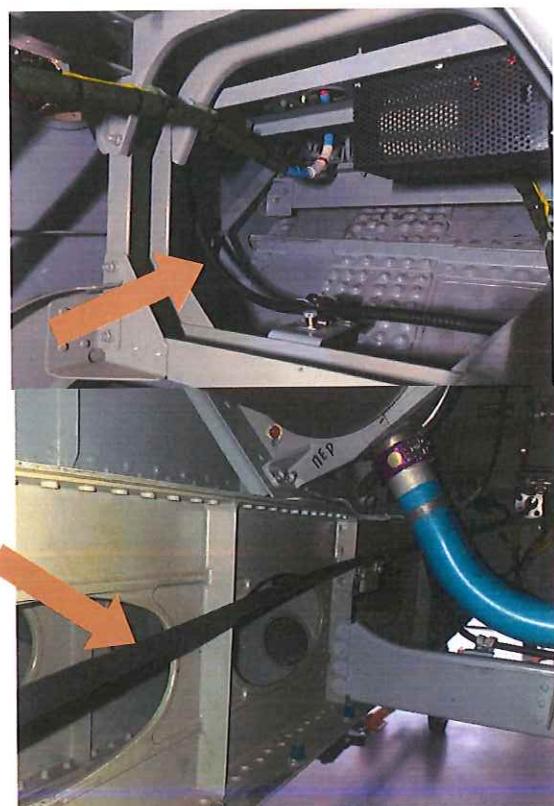


Рисунок 7 – Трос стояночного тормоза самолета SSJ-NEW в ходе проверки на самолете SSJ-95

02 Кабель стояночного тормоза самолета МС-21.

Разработаны комплекты конструкторской и технологической документации. Изготовлен и поставлен заказчику опытный образец, проведена примерка в ЛИК (г. Жуковский) на борту самолета МС-21, подтверждающая работоспособность конструкции на воздушном судне. Получен положительный протокол, подтверждающий работу гибкой тяги на воздушном судне, включая оценку изделия летным составом, отметившим превышение эксплуатационных характеристики гибкой тяги относительно применяемых ранее импортных изделий. Длина гибкой тяги более 18 метров.

На рисунке 8 а-г показано размещение гибкой тяги на воздушном судне и положительный результат проверки работоспособности изделия. Стрелками указано расположение гибкой тяги, видна очень сложная трасса проводки. Показано, что монтаж осуществлен в одном объеме с существующими коммуникациями воздушного судна, изделие не конфликтует с существующими кабельными и трубопроводными трассами, не мешает функционированию ни одной из существующих систем воздушного судна. Показана возможность прохождения герметичных переборок на готовом воздушном судне. На рисунке 8 г показан положительный результат проверки работы гибкой тяги на воздушном судне.

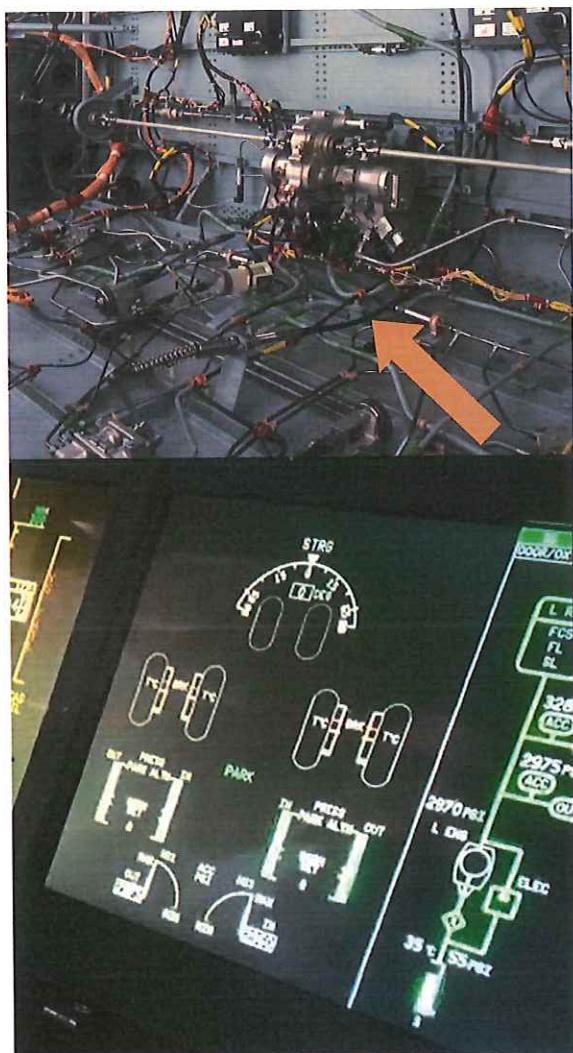
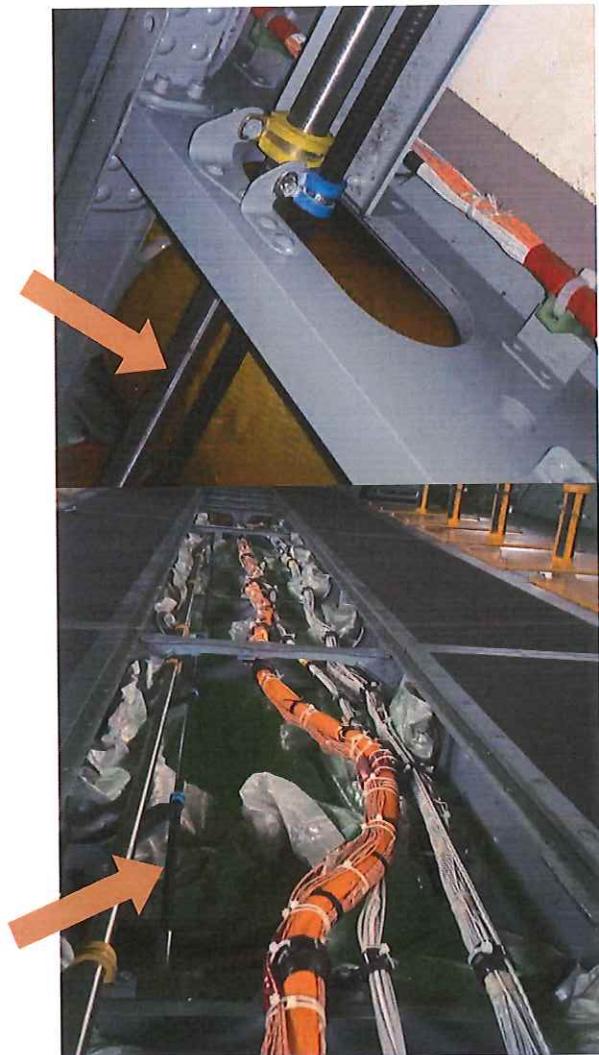


Рисунок 8 – Трос (кабель) стояночного тормоза самолета МС-21
в ходе проверки на самолете МС-21

03 Гибкие тяги управления вертолета Ансат.

Разработана конструкторская документация на опытный образец одного исполнения тяги, изготовлен и поставлен заказчику опытный образец для примерки на вертолете.

04 Гибкие тяги системы управления изделий 298 и 299.

С опережением до заключения договорных соглашений, разработана конструкторская документация, проводится изготовление комплекта гибких тяг для проведения предварительных испытаний и подтверждения работоспособности на стенде в Национальном центре вертолетостроения. В связи с проведением специальной военной операции, поставлена задача получения летной годности и присвоения литеры О1 не позднее конца 2023 года, в том числе с целью модернизации и ремонта имеющегося парка боевых машин.

05 Гибкие тяги системы управления изделия 226.

Согласовано техническое задание, в 2022 году началась разработка конструкторской документации на изделие и изготовление макета гибкой тяги для подтверждения работоспособности на стенде в Национальном центре вертолетостроения.

06 Гибкие тяги системы управления изделия 763.

Согласовано техническое задание, разработана конструкторская документация, поставлен на производство комплект гибких тяг для проведения предварительных испытаний. Планируемый срок окончания предварительных испытаний – конец 2023 года.

Использование отечественных гибких тяг для наземной техники:

кроме работ по импортозамещению гибких тяг в области авиастроения, дополнительно согласовано техническое задание с Тверским вагоностроительным заводом (ТВЗ), проведена предварительная работа по примерке гибких тяг на вагонах ТВЗ.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Подготовка производства

Для изготовления гибких тяг организован производственный участок, проведена технологическая подготовка, включающая **разработку и изготовление комплекта технологической оснастки**, организацию рабочего места и обучение персонала. На рисунке 9 показан сборочный участок для сборки гибких тяг.

Всего в ходе выполнения работ было разработано 6 конструкций гибких тяг (тросов).

Для освоенных в производстве гибких тяг радиусы гиба от 200 до 80 мм в зависимости от конструкции, длины до 20 метров, КПД передаваемого усилия до 97 %, передаваемое усилие до 11000 Н.

В настоящее время в разработке более тридцати конструкций, имеется заинтересованность в применении гибких тяг в других воздушных судах и машинах. Особенно актуален данный вопрос для российского вертолетостроения, где на современных модификациях вертолетов при помощи гибких тяг осуществляется управление шагом винтов, тягой двигателя и др., при этом **в некоторых случаях для систем управления альтернатив гибким тягам не существует**.



Рисунок 9 – Сборочный участок тросов (оснастка для сборки не показана) со стендом для проведения ПСИ тросов и образцами изделий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работ были решены следующие задачи:

- 01** разработаны конструкции гибких тяг;
- 02** проведены расчеты гибких тяг, включая прочностные и на КПД;
- 03** разработаны технологии изготавления гибких тяг на отечественном предприятии;
- 04** разработаны электронные цифровые модели;
- 05** оптимизирована масса каждого компонента;
- 06** разработаны сборочные, детальные и габаритные чертежи;
- 07** разработана эксплуатационная документация;
- 08** изготовлены опытные образцы;
- 09** проведены испытания;
- 10** произведены примерки в ЛИК, подтверждена работоспособность на воздушных судах SSJ-95 и МС-21;
- 11** выполняются работы по импортозамещению тросов Ансат, Ми-28, Ка-226, Ка-62. Заключены договорные соглашения, согласованы ТЗ для вертолетов Ми-28, Ка-226, Ка-62.